E. 2039
KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

1613

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institutul de Documentare Tehnică

1

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT — BUCUREȘTI

SUMARUL

Pag.

N. Gheorghiu: Sarcini pe 1955 pentru energeticienii din R. P. R. 1

V. Feldman: Determinarea regimului de vid optim la turbinele cu abur 3

C. Mihăileanu: Comportarea elementului direcțional al releului secțional în cazul unei suprasarcini dezechilibrate 7

M. Kahan: Conlucrarea la alunecare a elementelor construcțiilor hidrotehnice 14

P. Wisner: Reducerea pierderilor de energie hidraulică prin încercări pe modele 20

DIN EXPERIENȚA U. R. S. S.

S. Bainglass: Perspectivele dezvoltării consumului de energie electrică în U. R. S. S. 27

PENTRU NOILE CADRE

I. Heresc u: Metode de reglaj frecvență-putere în sisteme energetice interconectate 31

In ajutorul celor ce studiază și aplică „prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice"

Gh. I. Manolescu: Întreținerea instalațiilor de distribuție 41

DIN VIAȚA A. S. I. T.

T. A. Comănescu: Cercurile ASIT trebuie să ajute întreprinderile în problema normării și reducerii progresive a consumurilor specifice de energie electrică, în industrie 44

CRONICA

* * *: Prima sesiune de comunicări științifice a corpului didactic din institutul politehnic București 45

RECENZII 46

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Н. Георгиу: Задачи энергетиков Р.Н.Р. на 1955 г. 1

Б. Фелдман: Определение оптимального вакуумного режима паровых турбин 3

К. Михайляну: Действие элемента направления мощности делительного реле в случае неуравновешанной перегрузки 7

М. Кахан: Совместная работа на сдвиг элементов гидротехнических сооружений 14

П. Виснер: Снижение потерь гидроэнергии моделированием 20

ИЗ ОПЫТА С.С.С.Р.

С. Байнгласс: Перспективы развития потребления электроэнергии в С.С.С.Р. 27

НОВЫМ КАДРАМ

И. Хереску: Методы регулирования частота-мощность в кольцованных энергетических системах 31

В помощь изучающим и применяющим «Правила технической эксплоатации электрических станций и сетей

Г. Манолеску: Уход за распределительными устройствами 41

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т.

Т. Команеску: Кружки А.С.И.Т. должны помогать предприятиям в вопросах нормирования и прогрессивного снижения удельных расходов электроэнергии в промышленности 44

ХРОНИКА

* * *: Первая сессия научных докладов преподавательского состава Бухарестского Политехнического Института 45

РЕЦЕНЗИИ 46

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 1 Redacţia: Bucureşti, str. I Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SARCINI PE 1955 PENTRU ENERGETICIENII DIN R.P.R.

Ing. N. GHEORGHIU
Prim locţiitor al ministrului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice

In pragul ultimului an al primului plan cincinal, pentru construcţia socialismului din ţara noastră, se impune o examinare a realizărilor de pînă acum în economia noastră energetică şi luarea unor hotărîri în privinţa celei mai raţionale utilizări şi extinderi a acestora.

Planul de electrificare prevăzut pentru primul cincinal, astfel cum a fost modificat după plenara C.C. al P.M.R. din 19—20 august 1953, a condus la o mărire a producţiei de energie electrică cu peste 80%, la sfîrşitul anului 1954 faţă de situaţia la sfîrşitul anului 1950 şi la un spor de circa 50% al puterii instalate în centrale electrice în R.P.R. în acelaşi interval de timp.

Totodată s-au putut satisface, cu rare excepţii, cererile de puteri ale industriilor, s-au extins în măsura cererilor sporite instalaţiile pentru alimentarea cu energie electrică a populaţiei urbane şi s-au electrificat, în acelaşi interval dintre 1 ianuarie 1951 şi 31 decembrie 1954, un număr de sate cu circa 10% mai mare decît cel al satelor electrificate la începutul acestui cincinal.

Prin intrările în funcţiune din ultimul timp a unor grupuri mari generatoare, în noile centrale termoelectrice, s-a mers pe calea îmbunătăţirii continue a situaţiei energetice, realizîndu-se totodată şi interconectarea celor două principale sisteme energetice din ţară, prin care li s-a asigurat rezerve comune de putere şi s-a mărit considerabil siguranţa alimentării cu energie electrică a principalelor centre consumatoare. Mai departe, s-a realizat interconectarea cu sistemele energetice a cîtorva centre mari industriale cu centrale electrice proprii, în scopul asigurării puterii necesare funcţionării acestora, în caz de avarii sau reparaţii ale grupurilor generatoare proprii şi al debitării în sisteme a disponibilităţilor de putere ale acestora.

In fine, s-a izbutit să se realizeze, în majoritatea cazurilor, la timpul planificat, reparaţiile necesare în centralele electrice vechi şi s-au luat măsuri eficiente pentru limitarea şi lichidarea cît mai rapidă a avariilor de sisteme.

Cu aceste realizări sîntem totuşi încă departe de a fi epuizat sarcinile ce stau în faţa unei dezvoltări a economiei energetice în R.P.R. corespunzătoare unei rapide dezvoltări a nivelului economic în ţară. Mai rămîn încă de realizat importante înfăptuiri, între care trebuie citate :

— O dezvoltare a instalaţiilor de transport şi distribuţie a energiei, electrice, corespunzătoare dezvoltării rapide a noilor centrale electrice din ţară, urmînd ca în 1955 să se realizeze legăturile cele mai urgente cu centre importante locale, care pînă acum îşi acoperau necesităţile din surse proprii, depăşite în prezent prin dezvoltarea centrelor respective. Prin aceste legături se va căuta totodată să se realizeze o mai bună utilizare a grupurilor din centralele electrice noi, tinzîndu-se spre o creştere uniformă a duratei de utilizare a puterii instalate, atît în centralele noi cît şi în cele existente înainte de 1951.

— Luarea măsurilor necesare pentru asigurarea alimentării cu energie electrică a centrelor mari din vestul ţării, pînă la extinderea sistemelor energetice în acea direcţie, în scopul racordării la reţele a centrelor menţionate.

— O grijă deosebită pentru reducerea consumurilor specifice de combustibil, în special în cetralele termoelectrice vechi, cu readaptarea în unele cazuri a instalaţiilor de cazane pentru arderea combustibililor celor mai indicaţi, atît din punct de vedere economic cît şi al posibilităţiilor de procurare. De asemenea se va intensifica activitatea de reparaţii capitale la grupurile generatoare, cu utilizarea unor metode noi de reparaţii rapide. Aceasta va avea ca scop mai ales aducerea, într-o mare măsură, a puterii disponibile la valoarea puterii instalate, potrivit prevederilor Hotărîrii Consiliului de Miniştri emise în aprilie

1954 pentru raționalizarea gospodăriei energetice în țară.

— Continuarea electrificării rurale, în ritmul arătat în directivele P.M.R. pentru dezvoltarea agriculturii în următorii 2—3 ani, urmărindu-se în special racordarea la rețele și înzestrarea cu microcentrale electrice locale, a gospodăriilor agricole de stat.

— Continuarea într-un ritm pe cît posibil mai intens a luării de măsuri pentru asigurarea continuității funcționării instalațiilor energetice, precum și completarea protecțiilor prin relee și bobine de stingere, protecțiilor contra supratensiunilor, dispozitivelor de reanclanșare automată rapidă și de anclanșare automată a rezervei, completarea legăturilor telefonice, amenajarea de posturi de supraveghere pe liniile de transport, protecții contra rigorilor iernii (zăpadă, chiciură, ger, vînt).

— Introducerea de metode noi pentru ușurarea exploatării în cetralele electrice, ca autosincronizarea grupurilor generatoare, introducerea de instalații de forțarea excitației și de excitații de rezervă, experimentarea mersului generatorilor în regim asincron, pe perioade scurte.

— Introducerea în toate exploatările energetice a încercărilor preventive ale echipamentelor și instalațiilor, pentru descoperirea defectelor care trebuie remediate mai înainte ca acestea să ducă la avarii în exploatare.

— O examinare a lipsurilor și deficiențelor pe care le prezintă echipamentele și instalațiile energetice în raport cu noile „Prescripții pentru exploatarea tehnică a centralelor și rețelelor electrice" și luarea de măsuri, în limitele posibilităților, pentru punerea instalațiilor de acord cu aceste prescripții.

— Studierea și pregătirea introducerii, în rețelele de transport și distribuție a energiei electrice din țară, a metodelor noi aplicate în U.R.S.S, pentru reparații sub tensiune.

— Pe linia trasată de Hotărîrea Consiliului de Miniștri din aprilie 1954 pentru raționalizarea gospodăriei energetice, trebuie să se pășească la interconectarea centralelor electrice industriale care prezintă această posibilitate imediată, supunîndu-se unui regim unic de coordonare și comandă prin dispeceri toate centralele industriale interconectate. Totodată, trebuie studiată urgent, pentru a fi realizată încă de la începutul celui de al doilea cincinal, interconectarea centralelor de termoficare industriale, în scopul utilizării complete a aburului pentru destinderea în turbine cu preluare sau contrapresiunea sporindu-se astfel puterile produse în regim de termoficare și debitate în sistemele energetice din R.P.R.

— In conformitate cu prevederile aceleiași HCM, trebuie de asemenea activată montarea în cadrul întreprinderilor mari consumatoare de energie electrică, a echipamentelor existente în țară pentru ameliorarea factorului de putere, activîndu-se totodată începerea fabricației lor în industria electrotehnică din țară, odată cu întocmirea de noi studii de compensarea energiei reactive, în centre importante de consumație de energie.

— Va trebui să se planifice cît mai just posibil, în cursul anului 1955, energia electrică de consumat în anul următor și eventual chiar pe întreg al doilea plan cincinal, pe baza studiilor prevăzute pentru normarea consumurilor specifice de energie electrică în industrii. Totodată vor trebui întocmite studii similare pentru normarea energiei termice.

— In fine, anul 1955 trebuie să se caracterizeze ca un an de pregătire a activității energetice în al doilea cincinal atît în ceea ce privește stabilirea detaliată a planului de electrificare ce urmează a fi realizat în această perioadă de timp, cît și în ceea ce privește îmbunătățirea simultană a mersului sigur și economic al centralelor și rețelelor electrice și al instalațiilor pentru utilizarea energiei electrice.

In fața tuturor acestor sarcini, de o deosebită importanță pentru ridicarea continuă a nivelului economic al țării și a nivelului de trai al poporului muncitor, se cere fiecărui energetician o întărire a eforturilor sale și o tendință permanentă de a realiza neîncetat, mai mult și mai bine, sarcinile sale, astfel încît să contribuie activ la lupta pentru apărarea păcii și pentru un trai mai bun.

DETERMINAREA REGIMULUI DE VID OPTIM LA TURBINELE CU ABUR

Ing. VICTOR FELDMAN

Pentru determinarea vidului optim pentru care avem o diferență maximă între creșterea de putere suplimentară a turbinei și creșterea consumului de putere al pompelor de circulație, autorul folosind exemple sovietice, arată măsurătorile necesare și modul de construire a diagramelor de regim a turbinei

Îmbunătățirea vidului la turbinile cu abur mărește căderea termică disponibilă și ridică randamentul instalației. Dar mărirea vidului care duce la creșterea puterii turbinei este limitată de volumul de abur care poate trece prin ultima treaptă. Reducerea vidului din condensator peste acest vid limită, determinat de secțiunea de trecere prin ultimele trepte, nu mai are ca efect mărirea căderii termice, deci a puterii turbinei.

Pentru a determina însă un vid optim, rațional din punct de vedere tehnic, este necesar a se ține seama și de faptul că mărirea vidului este legată de un consum suplimentar de energie necesară pentru mărirea debitului apei de răcire.

Deci la un debit dat de abur în condensator și o temperatură dată a apei de răcire la intrare, vidul optim sau vidul economic va fi acel vid pentru care diferența dintre creșterea de putere suplimentară a turbinei și creșterea consumului de putere al pompelor de circulație este maximă.

Trustul de Stat pentru organizarea și raționalizarea centralelor electrice raionale și a rețelelor electrice (ORGRES) din U.R.S.S. descrie în broșura „Metode pentru determinarea regimului optim de vid la turbinele cu abur" modul de determinare a regimului de vid optim. Vom descrie această metodă după care vom prezenta și o altă metodă propusă de autor avînd aceiași bază, care deși necesită mai puține măsurători, are însă un grad oarecare de aproximație.

La executarea măsurătorilor necesare determinării se vor ține seamă de următoarele indicații :

1. Determinarea debitului de abur în condensator, se poate înlocui prin măsurarea presiunii P_k într-o treaptă intermediară de control al turbinei. Aceasta variază direct proporțional cu debitul de abur.

Alegerea treptei de control depinde de tipul turbinei, de poziția prizelor de abur reglabile și nereglabile. La turbine cu condensație fără prize intermediare, ca treaptă de control se poate alege orice treaptă intermediară.

2. In timpul măsurătorilor trebuie să se mențină constant debitul de abur respectiv presiunea P_k. In acest scop se obișnuește a limita cursa supapelor de abur viu blocîdu-se într-o anumită poziție a deschiderii lor.

3. Alimentarea cu apă de răcire a condensatorilor se poate face în diferite feluri :

a) Cu pompe de circulație individuale (una, două sau trei) de turație constantă, cantitatea apei de răcire fiind reglată prin variația numărului de pompe în funcțiune.

b) Cu pompe de circulație individuale (una, două sau trei) de turație constantă și cu legături între condensatori, ceea ce permite combinarea pompelor de la mai multe mașini.

c) Cu pompe de circulație individuale (una, două sau trei) la care reglarea debitului se face prin variația turației.

d) O stație centrală de pompe, din care apa este împinsă într-un colector comun și distribuită la diferite instalații.

Interes din punct de vedere tehnic, prezintă determinarea vidului optim pentru diferite combinații între pompe individuale de turație constantă.

Pentru determinarea unor curbe operative, care să indice regimurile optime de funcționare se necesită construirea următoarelor diagrame :

1. Diagrama turbinei $\Delta Ne = f(p_2)$ pentru diferite valori P_k. Această diagramă arată influența presiunii din condensator p_2 și a presiunii în treapta de control p_k asupra variației puterii date de turbină.

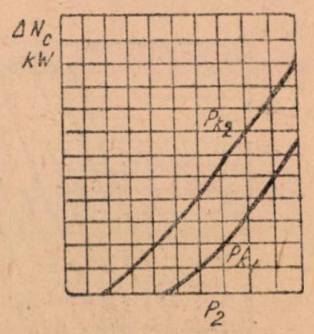


Fig. 1. Diagrama variației puterii turbinei ΔNe, în funcție de presiunea din condensator p_2, pentru diferite valori ale presiunii p_k în treapta de control.

Curbele se ridică pentru una, eventual două debite (100%, 40%). Curbele se ridică la temperatura minimă, constantă, a apei de răcire la intrare și la un consum maxim al apei de răcire, condensatorul fiind în prealabil curățit.

Variația vidului se poate face prin introducerea aerului cu ajutorul unui ventil în conducta de aspirație a aerului înaintea ejectorului.

Cu ajutorul curbelor de mai sus, luînd p_k constant se construiește curba universală

$\frac{\Delta Ne}{p_k} = f\left(\frac{p_2}{p_k}\right)$. Se arată că raportul $\frac{\Delta Ne}{p_k}$ este o funcție a singurei variabile $\frac{p_2}{p_k}$.

Curba universală este deci comună pentru cele

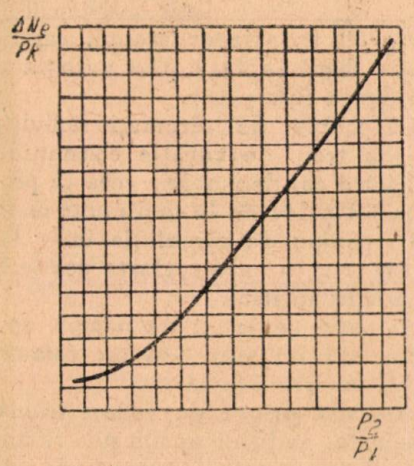


Fig. 2. Curba universală a turbinei.

două curbe din fig. 1 și unică pentru turbina considerată.

Pe baza curbei universale și dînd diferite valori lui p_k se va putea construi o familie de curbe $\Delta Ne = f(p_2)$ pentru toate valorile p_k.

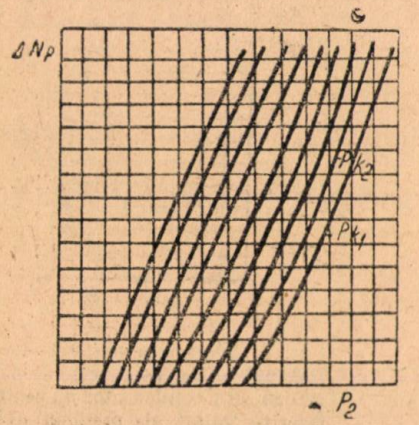


Fig. 3. Diagrama variației puterii turbinei ΔNe, în funcție de presiunea aburilor din condensatori p_2, pentru diferite valori a presiunii p_k în treapta de control.

2. Diagramele condensatorului. Se ridică diagramele căderii termice în condensator $\delta t = f(p_k)$ pentru diferite valori t_1 a temperaturii la care apa de răcire intră în condensator, la o valoare constantă w a apei de răcire, δt fiind diferența dintre temperatura aburilor la buraj — adică la intrare în condensator — și temperatura apei de răcire la ieșire din condensator.

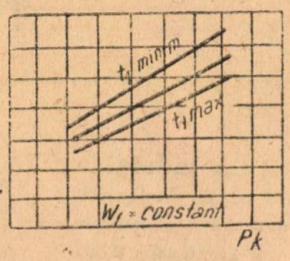


Fig. 4. Diagrama căderii de temperatură Δt, în funcție de presiunea în treapta de control p_k și temperatura apei de răcire t_1, pentru un debit constant al apei de răcire w_1.

După cum se vede se vor ridica atîtea diagrame de acest fel cîte combinații sînt posibile între pompe. Numărul curbelor de temperaturi constante se va fixa în funcție de intervalul de variație a temperaturii apei de răcire.

In cazul cînd se utilizează apă răcită în turn, temperatura ei la intrare în turn variază în funcție de sarcină. In acest caz curba de mai sus se va construi în coordonate δt, și t_1.

De asemenea se mai ridică diagrama încălzirii apei de răcire în condensator adică $\Delta t = f(p_k)$ pentru diferite valori w, unde $\Delta t = t_2 - t_1$ este

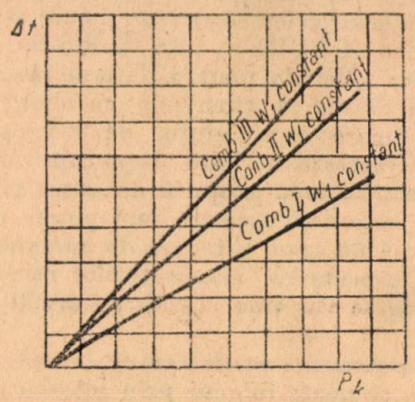


Fig. 5. Diagrama încălzirii apei de răcire în condensator, în funcție de presiunea p_k în treapta de control, pentru diferite combinații a pompelor de apă de răcire.

diferența dintre temperatura apei de răcire la ieșire și la intarare.

Se mai execută măsurători pentru a determina creșterea necesară de putere în cazul unei anumite combinații de pompe, față de cazul cînd se funcționează cu cantitatea minimă a apei de răcire.

$$\Delta N_p = N_p'' - N_p; \qquad \Delta N_p'' = N_p''' - N_p$$

unde :

N_p reprezintă puterea pompei;

ΔN_p — creşterea de putere necesară la pompe, indicele prim, secund etc. reprezintă combinaţiile de pompe.

Pe baza curbelor de mai sus se construieşte diagrama de regim a turbinei. Pornind de la un

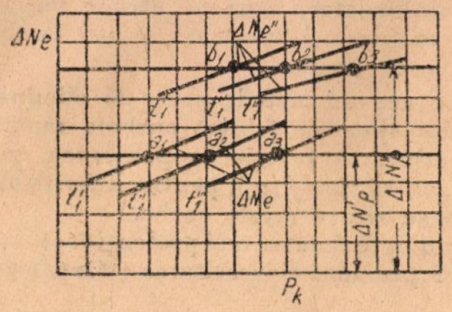


Fig. 6. Diagrama variaţiei puterii turbinei în funcţie de presiunea p_k în treapta de control pentru diferite temperaturi t_1, a apei de răcire şi diferite combinaţii a pompelor de circulaţie.

anumit debit exprimat prin presiunea p_k şi o anumită temperatură t_1 a apei de răcire, se vor determina cu ajutorul curbelor din fig. 4 şi 5 valorile $\Delta t'$; $\Delta t''$, $\Delta t'''$ şi $\delta t'$, $\delta t''$, $\delta t'''$ corespunzătoare diferitelor combinaţii ale pompelor.

Cu ajutorul formulei $t_n = t_1 + \Delta t + \delta t$ se vor calcula temperaturile respective t_n', t_n'', t_n''' ale aburilor la buraj, se vor cunoaşte deci şi presiunile respective p_2', p_2'', p_2''' în condensator.

Pe baza valorii lui p_k şi a lui p_2', p_2'', p_2''', se vor calcula cu ajutorul curbelor din fig. 3 creşterile de putere $\Delta Ne'$ şi $\Delta Ne''$, corespunzătoare trecerii de la prima combinaţie de pompe la a doua, respectiv de la a doua, la a treia. Se va putea construi deci diagrama din fig. 6.

S-au introdus în diagrame curbele $\Delta Ne = f(p_k)$ pentru diferite valori a lui t_1. Pe aceiaşi diagramă s-au introdus şi puterile suplimentare necesare acţionării pompelor, $\Delta N_p'$, $\Delta N_p''$. Punctele a_1, a_2, a_3, corespund trecerii de la cantitatea minimă a apei de răcire la a doua combinaţie a pompelor b_1, b_2, b_3, corespund trecerii la combinaţia a treia a pompelor.

Dacă cu parametrii p_k, t_1 aparţinînd punctelor a_1, a_2, a_3, şi b_1, b_2, b_3, construim curbe avînd coordonatele p_k, şi t_1 obţinem fig. 7.

In cazul condensatorului cu ţevi murdare aceste curbe se deplasează în stînga.

Curbele de mai sus pot fi utilizate cu succes pentru determinarea regimului de vid optim. Pentru o anumită temperatură a apei de răcire t_1, şi un anumit debit al aburilor, exprimat prin presiunea p_k, fig, 7 va da domeniul optim de funcţionare, adică combinaţia optimă a pompelor de răcire.

Dacă lipsesc diagramele turbinei de tipul celor din fig. 2 sau 3, pentru a stabili regimul de funcţionare se poate folosi, la început, o metodă mai aproximativă care se bazează pe următoarele :

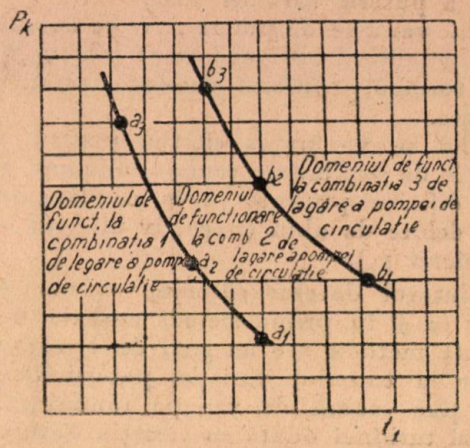


Fig. 7. Diagrama pentru stabilirea regimului de vid optim.

Se ridică pe cale experimentală caracteristica condensatorului adică presiunea din condensator p_2 în funcţie de temperatura t_1 a apei de răcire, pentru diferite presiuni p_k în treapta de control la o anumită combinaţie a pompelor apei de răcire (fig. 8).

Se construiesc asemenea diagrame pentru toate combinaţiile posibile ale pompelor de circulaţie. In loc de presiunea din condensator se poate ceti temperatura la buraj. Pe baza curbelor din

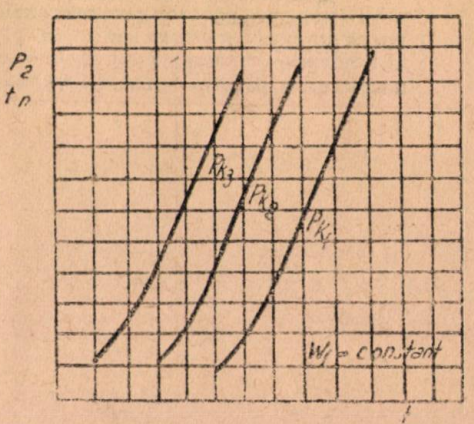


Fig. 8. Diagrama presiunii din condensator p_2, sau a temperaturii la buraj t_n în funcţie de temperatura t_1 a apei de răcire la intrare şi presiunea p_k în treapta de control, pentru o anumită combinaţie a pompelor de răcire.

fig. 8, se vor calcula valorile, Δp_2, adică variaţia presiunii din condensator pentru o anumită temperatură a apei de răcire t_1 şi o anumită presiune în treapta de control p_k, cînd se trece de la o combinaţie a pompelor de apă de răcire la alta.

La o variație a presiunii în condensator, pentru același debit de abur îi corespunde o variație a puterii turbinei ΔNe.

Această variație de putere ΔNe se calculează teoretic, admițînd un randament intern mediu pentru turbină, conform datelor statistice de exploatare.

Calculul se va putea efectua pentru toate regimurile de exploatare care se compară, adică pentru diferite presiuni p_2 în condensator și diferite debite de abur (respectiv diferite valori ale presiunii l_k).

Cu ajutorul datelor obținute, se vor putea construi ca și în prima metodă curbele *6* și *7*.

Această metodă are un grad de aproximare, deoarece la calculul variației puterii turbinei nu se ține seamă de variația randamentului intern al turbinei odată cu variația sarcinii și a presiunii din condensator. Utilizarea acestei metode este justificată la o primă determinare a repartiției optime a sarcinii, în cazul cînd asigurarea exploatării nu permite ridicarea curbei caracteristice universale a turbinei. Menționăm că pentru ridicarea curbei caracteristice universale se necesită variația presiunii din condensator prin introducerea aerului, pînă la temperatura maximă admisibilă de durată în condensator, ceea ce atrage variații de putere a turbinei și în unele condiții de exploatare, nu este posibilă.

Eroarea acestei metode poate fi eliminată în caz că sînt date de fabrică curbele randamentului interior, în funcție de presiunea de condensator, adică $\eta_i = f(p_2)$, pentru diferite sarcini, sau dacă se ridică aceste curbe.

Pentru o determinare mai pretențioasă, metoda ORGRES prezintă rigurozitatea științifică necesară.

★

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАКУУМНОГО РЕЖИМА ПАРОВЫХ ТУРБИН

Резюме

Для определения оптимального вакуума, при котором существует максимальная разность между приростом дополнительной мощности турбины и ростом потребления мощности циркуляционными насосами, автор, используя примеры из советской технической литературы, указывает как производятся необходимые измерения и описывает способ построения рабочих диаграмм турбины.

COMPORTAREA ELEMENTULUI DIRECŢIONAL AL RELEULUI SECŢIONAL ÎN CAZUL UNEI SUPRASARCINI DEZECHILIBRATE

Conf. ing. C. MIHĂILEANU

Determinarea corectă a sensului de scurgere a energiei în regim anormal de funcţionare contribuie la evitarea de avarii ce pot lua amploare mai mare decît cea legată de nefuncţionarea protecţiei secţionale. In articolul de faţă se analizează comportarea elementelor direcţionale ale releului secţional la suprasarcina asimetrică şi se expun concluziile la care conduce această analiză.

Protecţia secţională comportă compararea sensului de scurgere al energiei la cele două capete ale unui element de reţea. In cazul în care sensul de scurgere este la ambele capete, de la bare către element, înseamnă că defectul este în elementul protejat, care trebuie deci separat de la ambele capete cu o temporizare practic nulă. In caz contrariu, elementul trebuie întrerupt numai de la acel capăt la care energia se scurge de la bare către element, la celălalt capăt declanşarea întrerupătorului trebuie împiedecată. In acest caz însă, declanşarea de la un singur capăt trebuie comandată de protecţia de rezervă care este fie maximală în trepte, fie de distanţă.

Din expunerea sumară făcută mai sus, a principiului de funcţionare al protecţiei secţionale reiese importanţa covîrşitoare pe care o are o corectă determinare a sensului de scurgere a energiei în toate regimurile anormale de funcţionare.

Intr-adevăr, o determinare falsă a sensului de scurgere al energiei poate provoca fie refuzul funcţionării protecţiei capetelor elementului defectat, fie declanşarea intempestivă neselectivă a elementelor din amonte de cel defect. In exploatare se întîmplă mai frecvent al doilea caz de funcţionare incorectă. Astfel într-un sistem energetic au avut loc avarii repetate care s-au dezvoltat luînd amploare mai mare decît era necesar ca urmare a funcţionării necorespunzătoare a protecţiei secţionale.

A apărut astfel, din analiza avariilor respective, necesitatea examinării modului de comportare al elementului direcţional al releului secţional în condiţiile ce aveau loc în cazul avariilor respective. Aceste condiţii erau acele ale unor suprasarcini asimetrice şi nu aveau nici pe de parte caracterul de scurtcircuit net, bifazat sau trifazat, care pot apare în reţele cu neutrul izolat de genul acelora în care era montată protecţia.

Literatura tehnică studiază în mod amplu comportarea elementului direcţional — în cazurile de scurtcircuit, dar nu s-a întîlnit nicăeri o analiză a comportării unui astfel de element la suprasarcini asimetrice, obiect care se propune a fi examinat în cele ce urmează.

Releul secţional pentru reţele cu neutrul izolat este construit în felul următor:

a) Are două elemente de pornire în care circulă curenţii I_R respectiv I_T.

b) Are un singur element direcţional în a cărui bobină de intensitate circulă curentul $I_R - I_T$ şi la a cărui bobină de tensiune se aplică tensiunile (fig. 1)

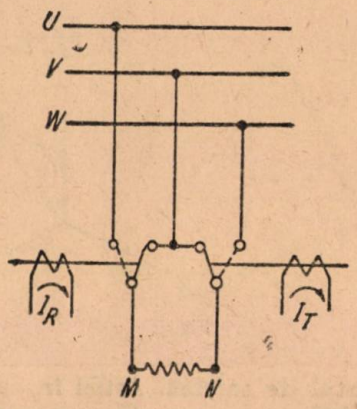


Fig. 1

uv cînd lucrează elementul de pornire al fazei *R*
vw " " " " " " " *T*
uw " " " " " " " *R*
şi al fazei *T*.

In diferitele cazuri posibile de scurtcircuit (fig. 2) elementele de pornire care lucrează şi cuplul de forţe la care este supus cadrul mobil al elementului direcţional sînt date în tabela 1:

Din tabela 1 se vede că în toate cazurile de defect cuplul este direct proporţional cu cosinusul unghiului de defazare al reţelei în caz de scurtcircuit. Acest unghi de defazare dat de relaţia:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega}{R}$$

nu ia valori prea ridicate în cazul reţelelor subterane deoarece reactanţa unui cablu nu este importantă, comparativ cu rezistenţa.

In consecinţă elementul direcţional al releului secţional reacţionează corect în toate cazurile de scurtcircuit posibile deoarece cuplul *C* nu numai că nu poate căpăta valori negative, dar

Tabela 1

Natura defectului	Scurtcircuit bifazat $R-S$	Scurtcircuit bifazat $S-T$	Scurtcircuit bifazat $R-T$	Scurtcircuit trifazat $R-S-T$
Lucrează elementul de pornire al fazei.....	R	T	R și T	R și T
Cuplul de forțe al elementului direcțional $C =$	$kUI\cos\varphi$	$k\,UI\cos\varphi$	$2\,kUI\cos\varphi$	$\sqrt{3}\,kUI\cos\varphi$

chiar este astfel gîndit ca să fie în regiunea de maxim.

Cele arătate mai sus sînt valabile însă în cazul scurtcircuitelor simetrice la care se neglijează curentul de sarcină. Astfel în cazul scurtcircuitelor bifazate s-a neglijat curentul în cea de a treia fază așa încît curenții în cele două

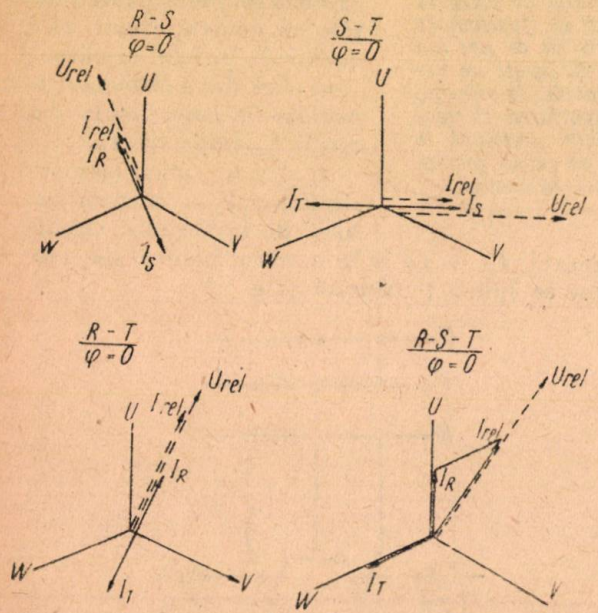


Fig. 2

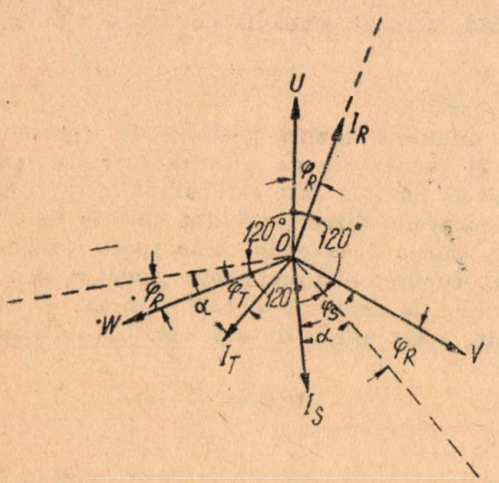


Fig. 3

faze afectate de scurtcircuit au rezultat în opoziție, iar la scurtcircuitul trifazat s-au considerat curenții de scurtcircuit pe cele trei faze egali ca mărime și defazați cu cîte 120°.

In practică se ivesc însă situații în care regimul de scurtcircuit se suprapune peste un regim de sarcină existent sau regimuri de supra-sarcină dezechilibrată.

In cele ce urmează se va examina comportarea elementului direcțional într-un astfel de caz în care curentul pe una din faze crește atingînd valoarea de reglaj a elementului de pornire al fazei respective, iar pe celelalte două faze curenții sînt mai mici (așa că nu se atinge valoarea de pornire) și egali între ei (fig. 3) .

In acest caz nu se mai poate vorbi decît despre un factor de putere mediu care în cazul unor tensiuni și curenți sinusoidali este dat de :

$$K = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \qquad (1)$$

unde P și Q sînt puterile active și reactive ale sistemului trifazat.

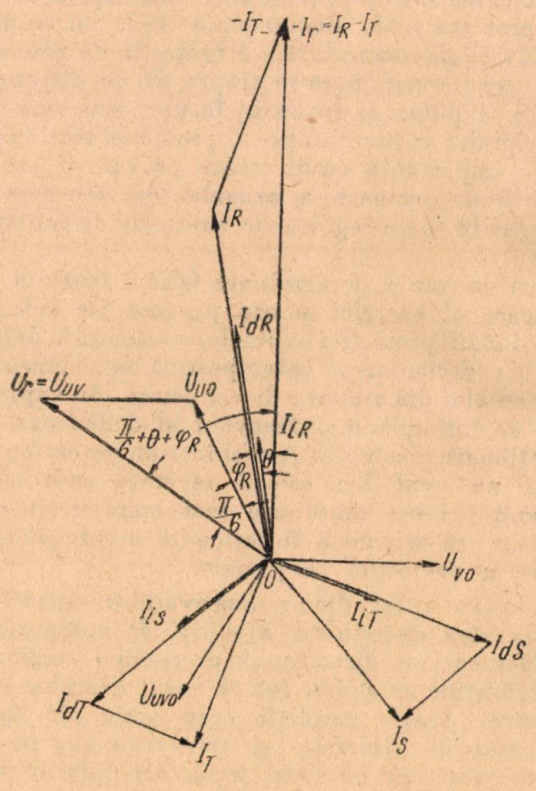


Fig. 4

Puterea activă și reactivă este dată de :

$$P = U_{u0}I_R\cos\varphi_R + U_{v0}I_s\cos\varphi_s + U_{w0}I_T\cos\varphi_T \qquad (2)$$

$$Q = U_{u0}I_R\sin\varphi_R + U_{v0}I_s\sin\varphi_s + U_{w0}I_T\sin\varphi_T. \qquad (3)$$

Din fig. 4 se obțin relațiile :

$$\varphi_s = \varphi_R + \alpha \quad (4) \qquad \varphi_T = \varphi_R - \alpha. \quad (5)$$

Ţinînd cont că $I_s = I_T$ şi că $I_R + I_s + I_T = 0$ sistemul fiind cu neutrul izolat, avem :

$$I_R = I_s \cos(60 - \alpha) + I_T \cos(60 - \alpha) = \quad (6)$$

$$= 2I_s \left(\frac{1}{2} \cos \alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \alpha \right) =$$

$$= I_s \cos \alpha + \sqrt{3}\, I_s \sin \alpha$$

care dă :

$$I_s \cos \alpha = I_R - \sqrt{3}\, I_s \sin \alpha. \quad (7)$$

Notînd $U_{u0} = U_{v0} = U_{w0} = U_f$ (tensiuni simetrice) şi observînd că $I_s = I_T$ considerînd şi relaţiile (4), (5) şi (7) relaţiile (2) şi (3) devin :

$$P = U_f (I_R \cos \varphi_R + 2 I_s \cos \varphi_R \cos \alpha) =$$

$$= U_f (3 I_R - 2\sqrt{3}\, I_s \sin \alpha) \cos \varphi_R \quad (2.1)$$

şi

$$Q = U_f (I_R \sin \varphi_R + 2 I_s \sin \varphi_R \cos \alpha) =$$

$$= U_f (3 I_R - 2\sqrt{3}\, I_s \sin \alpha) \sin \varphi_R \quad (3.1)$$

Introducînd (2.1) şi (3.1) în (1) rezultă (1.1)

$$K = \frac{\cos \varphi_R}{\sqrt{\cos^2 \varphi_R + \sin^2 \varphi_R}} = \cos \varphi_R$$

De aici se vede că factorul de putere este dat de cosinusul unghiului de defazare al curentului din faza R (supraîncărcată) şi tensiunea pe faza respectivă.

Regimul de suprasarcină pe care ne propunem să-l examinăm se poate obţine prin suprapunerea peste trei componente de secvenţă directă a curenţilor avînd mărimea constantă a alte trei componente de secvenţă inversă avînd o mărime variabilă determinată de gradul de asimetrie.

$$b = \frac{I_i}{I_d} .$$

Poziţia vectorială relativă a celor două sisteme direct şi invers este aşa încît componentele să fie în concordanţă de fază pe faza R (supraîncărcată) şi fiecare din ele să facă acelaşi unghi de defazare $\varphi = \varphi_R$ cu tensiunea pe fază U_{v0} (fig. 5). In acest fel se realizează condiţiile prestabilite ca suprasarcina să fie monofazată şi curenţii pe celelalte două faze să fie egali ca mărime.

In acest caz se pot scrie relaţiile

$$\dot{I}_R = \dot{I}_d + \dot{I}_i \quad (8)$$

$$\dot{I}_s = a^2 \dot{I}_d + a \dot{I}_i \quad (9)$$

$$\dot{I}_T = a \dot{I}_d + a^2 \dot{I}_i \quad (10)$$

unde $a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$.

Curentul în bobina de intensitate a releului va fi :

$$\dot{I}_r = \dot{I}_R - \dot{I}_T = \dot{I}_d (1 - a) + \dot{I}_i (1 - a^2). \quad (11)$$

Ţinînd cont că :

$$b = \frac{I_i}{I_d} \quad (12)$$

relaţia (11) devine succesiv

$$\dot{I}_r = \dot{I}_d \left(1 + \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + b \dot{I}_d \left(1 + \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \quad (11.1)$$

$$\dot{I}_r = \frac{3}{2}(1 + b)\dot{I}_d - j\frac{\sqrt{3}}{2}(1 - b)\dot{I}_d. \quad (11.2)$$

Dacă se notează cu θ unghiul de defazaj între

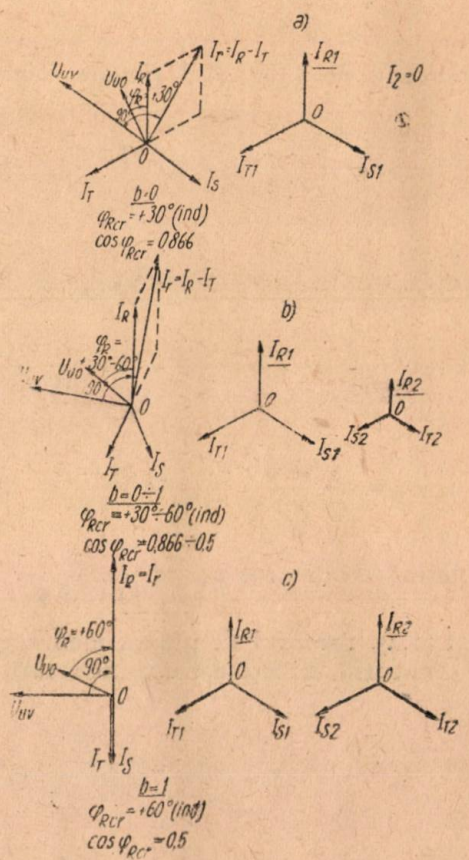


Fig. 5

curentul de releu $\dot{I}_r$ şi curentul fazei R : $\dot{I}_R$ avem din (11.2) :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}(1-b)}{\frac{3}{2}(1+b)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{1-b}{1+b}. \quad (13)$$

Cuplul la care este supus elementul direcţional are expresia :

$$C = U_r I_r \cos \varphi_r = U_{uv} I_r \cos \left(\frac{\pi}{6} + \varphi_R + \theta \right). \quad (14)$$

Acest cuplu devine nul și schimbă de semn atunci cînd este îndeplinită condiția

$$\frac{\pi}{6} + \varphi_R + \theta = \frac{\pi}{2} \qquad (15.1)$$

sau :

$$\varphi_R + \theta = \frac{\pi}{3} \qquad (15.2)$$

sau :

$$\operatorname{tg}(\varphi_R + \theta) = \operatorname{tg}\frac{\pi}{3} = \sqrt{3}. \qquad (15.3)$$

De aici decurge :

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi_R + \operatorname{tg}\theta}{1 - \operatorname{tg}\varphi_R \operatorname{tg}\theta} = \sqrt{3}. \qquad (16)$$

Ținînd cont de (13), (16) devine succesiv :

$$\frac{\operatorname{tg}\varphi_R + \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{1-b}{1+b}}{1 - \operatorname{tg}\varphi_R \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{1-b}{1+b}} = \sqrt{3} \qquad (17.1)$$

$$\operatorname{tg}\varphi_R + \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{1-b}{1+b} = \sqrt{3} - \operatorname{tg}\varphi_R \frac{1-b}{1+b} \qquad (17.2)$$

$$\operatorname{tg}\varphi_R\left(1 + \frac{1-b}{1+b}\right) = \sqrt{3} - \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{1-b}{1+b} = \frac{2}{\sqrt{3}}\frac{2b+1}{b+1} \qquad (17.3)$$

$$\operatorname{tg}\varphi_R = \frac{2}{\sqrt{3}}\frac{2b+1}{b+1}\frac{b+1}{2} = \frac{2b+1}{\sqrt{3}}. \qquad (17.4)$$

Folosind relația $\cos\varphi_R = \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\varphi_R}}$

și relația (1.1), factorul de putere mediu critic, la care elementul direcțional este nehotărît, are expresia :

$$K_{cr} = \cos\varphi_R = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{(2b+1)^2}{3}}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{b^2+b+1}}. \qquad (18)$$

Se poate întocmi următoarea tabelă de variație a factorului de putere critic K_{cr} și a unghiului critic φ_{Rcr} în funcție de variația gradului de asimetrie b între limitele 0 și 1. :

In tabela 2 limita inferioară $b = 0$ trebuie interpretată ca o situație corespunzătoare unei sarcini echilibrate ($b = 0$) la care curenții sînt egali cu valoarea de pornire a protecției și dintr-o imperfectă reglare a elementelor de pornire, pornește numai cel al fazei R (fig. 5).

In aceeași tabelă limita superioară $b = 1$ este situația unei suprasarcini asimetrice în care curentul pe faza R depășește valoarea reglajului elementului de pornire, iar pe fazele S și T el

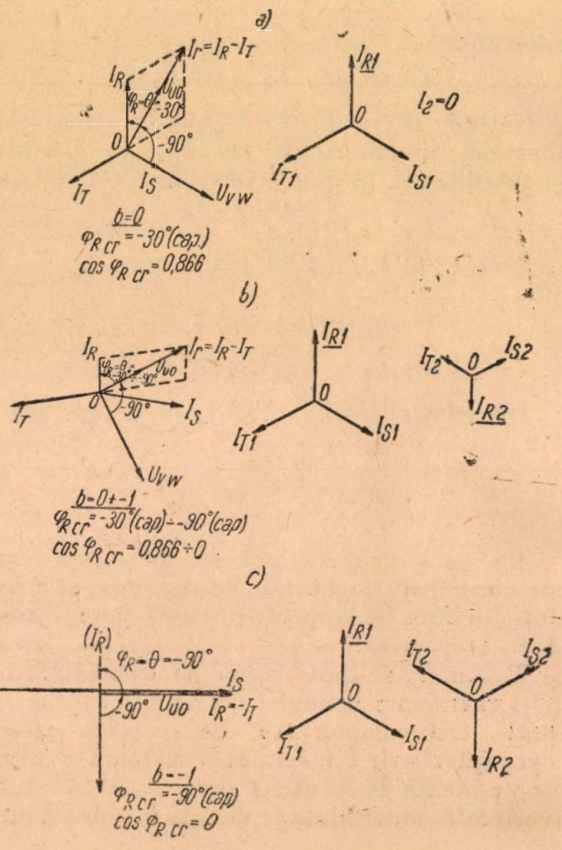


Fig. 6

nu atinge această valoare fiind egal cu jumătate din valoarea curentului pe faza R și în opoziție cu acesta pe ambele faze S și T (fig. 5,c).

Gradul de asimetrie b nu poate lua valori mai mari ca 1, și de aceea tabela se limitează la această valoare, de oarece într-un asemenea caz s-ar schimba sensul de succesiune al fazelor curenților, ceea ce nu se poate presupune într-un regim de încărcare asimetrică realizabil în mod practic.

Gradul de asimetrie poate lua însă valori cuprinse între 0 și —1, ceea ce corespunde unor situații in care componenta directă și inversă în faza R sînt în opoziție de fază, deci odată cu

Tabela 2

b	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$K_{cr} = \cos\varphi_{Rcr}$	0,866	0,822	0,778	0,734	0,693	0,654	0,618	0,584	0,553	0,525	0,5
φ_{Rcr}	30°ind	34°40′	39′	42°50′	46°10′	49°10′	51°50′	54°20′	56°30′	58°20′	60°ind

corect decît într-o zonă de variaţie a unghiului de defazaj corespunzător factorului de putere, în limitele $-30° < \varphi < +30°$.

3. Pentru $b = +1$ funcţionarea releului nu este sigur corectă decît în limitele $-60 < \varphi < +60°$.

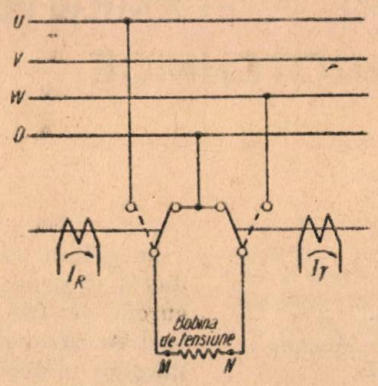


Fig. 11

4. Se vede că cel mai defavorabil caz este acel cînd $b = 0$ în care caz zona de funcţionare sigură $\Delta\varphi$ se reduce de la 180° la abia 60°.

5. Această zonă redusă de funcţionare sigur corectă de 60° trebuie plasată astfel încît să coincidă cu zona în care există cea mai mare probabilitate să fie cuprins φ_E. Cum zona de probabilitate maximă este între 0° şi + 60° (ind), rezultă că pentru realizarea condiţiei de mai sus, menită să reducă în cea mai mare măsură posibilă probabilitatea unei funcţionări incorecte, trebuie efectuat un defazaj artificial al tensiunilor aplicate releului, cu un unghi de 30° în sens pozitiv (inductiv). Acest lucru se poate realiza sau prin modificarea bobinei de tensiune a releului, sau prin aplicarea tensiunilor pe fază în locul tensiunilor compuse (fig. 11) în cazul cînd porneşte elementul unei singure faze, iar cînd pornesc ambele elemente să se trimită aceeaşi tensiune între faze U_{uv} ca şi în actualul montaj (fig. 11).

Prin aceasta se îmbunătăţeşte funcţionarea protecţiei la suprasarcină, dar se modifică unii din parametrii de funcţionare ai protecţiei la scurtcircuit bifazate $R - S$ şi $S - T$. Intr-adevăr în astfel de cazuri de defect, apare o defazare artificială mai mare de +30° ce poate merge pînă la + 90° la scurtcircuit metalic chiar în locul unde este instalată protecţia. Pe de altă parte tensiunea ce înainte de modificare poate varia între 100% şi 0% va putea varia prin această modificare între 58% şi 29%, neajungînd să fie egală cu zero nici chiar la scurtcircuit metalic în locul unde este instalată protecţia.

Ca urmare la aceste două considerente ce au o acţiune ce se compensează reciproc se poate întîmpla ca „zona moartă" a elementului direcţional să crească în unele cazuri. De aceea oportunitatea modificării propusă trebuie examinată de la caz la caz.

Bibliografie

[1]. *Dr. Sorge*: Das Energierichtungsrelais in Selektivschutzschaltungen. Siemenszeitschrift, 1927, pag. 785.

[2]. *H. Neugebauer*: Was ist Streckenschutz? Siemenszeitschrift, 1933, pag. 94.

[3]. *H. Neugebauer*: Grundschaltungen für den Richtungsvergleich beim Streckenschutz. Siemenszeitschrift, 1933, pag. 332.

[4]. *A. Thewalt*: Einsystemiger Streckenschutz. Siemenszeitschrift, 1936, pag. 278.

[5]. *M. Schleicher*: Die moderne Selektivschutztechnik und die Methode zur Fehlerortung in Hochspannungsanlagen. Ed. Springer, Berlin, 1936, pag. 283.

[6]. *F. Geise*: Längsvergleichschutz mit Impedanzrezerwezeit als Schutz für grosse Kabelnetze. Siemenszeitschrift, 1938, pag. 446.

[7]. *A. M. Fedoseev*: Releinaia zaşcita electriceschih sistem· Gosenergoizdat, 1952, pag. 149.

★

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТА НАПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ДЕЛИТЕЛЬНОГО РЕЛЕ В СЛУЧАЕ НЕУРАВНОВЕШАННОЙ ПЕРЕГРУЗКИ

Резюме

Правильное определение направления циркуляции энергии при нормальном режиме работы, способствует устранению аварий могущих принять большие размеры чем аварии связанные с недействием делительной защиты. В настоящей статье рассматривается действие элемента направления мощности делительного реле при несимметричной нагрузке и излагаются выводы к которым приводит этот анализ.

CONLUCRAREA LA ALUNECARE A ELEMENTELOR CONSTRUCŢIILOR HIDROTEHNICE

M. KAHAN
Cand. Ştiinţe Tehnice

După ce se arată cum a apărut problema conlucrării în stabilitatea la alunecare a elementelor construcţiilor hidrotehnice se expun cîteva cazuri concrete de conlucrare şi pe bază de calcule şi cercetări experimentale se prezintă unele soluţii.

In ultimul timp în diferite domenii ale construcţiilor inginereşti se utilizează din ce în ce mai mult, principiul conlucrării funcţionale, statice sau dinamice a diverselor elemente de construcţii —elemente de construcţii necesare, fiecare în parte, pentru satisfacerea unor scopuri diferite.

Acest principiu a căpătat răspîndire, deoarece el conduce, pe de o parte, la o reflectare mai exactă, în calcul, a modului de lucru a construcţiilor, iar pe de altă parte la o proiectare mai raţională a lor.

Esenţa tehnică a unor astfel de soluţii nu se mărgineşte la calculul conlucrării diferitelor elemente, ci constă în special în canalizarea conştientă a anumitor funcţiuni sau eforturi către acele elemente care sînt mai capabile să le preia. Pe această cale se obţine dealtfel efectul tehnico-economic maxim.

Principiul conlucrării diferitelor elemente de construcţii a pătruns şi în domeniul construcţiilor hidrotehnice.

Din punct de vedere al conlucrării funcţionale, este interesant de amintit studiul publicat de către I. I. Vaitz „Construcţii complexe" în Izvestia VNIIG T—31.

In acest studiu se arată cum, în cazul terenurilor slabe, tendinţa îngustării frontului de beton, tendinţă care se datoreşte succeselor obţinute în ultimul timp în construcţia barajelor de pămînt, a dus la soluţii ca : descărcători de ape mari în corpul clădirii uzinei, conlucrare funcţională a clădirei uzinei cu ecluza, introducerea uzinei în corpul barajului deversor, etc.

In cazul descărcătorilor de ape mari amplasaţi în corpul uzinei, această conlucrare se utilizează şi în scopuri energetice, avînd în vedere fenomenul de ejecţie care se produce în timpul funcţionării descărcătorilor.

In ceea ce priveşte conlucrarea statică a elementelor construcţiilor hidrotehnice, în Uninea Sovietică s-a propus şi se utilizează cu succes conlucrea în stabilitatea la alunecare dintre baraj şi avant-radierul de beton-armat şi, în ultimul timp, conlucrarea în stabilitatea la alunecat dintre uzină şi barajul de gardă amonte, la uzinele de tip fluvial.

In primul caz, avant radierul se proectează în mod curent pentru a lungi drumul de infiltraţie al apei şi a micşora debitul infiltrat şi subpresiunile, în cazul al doilea barajul de gardă se proectează în mod curent pentru a prelua singur împingerea apei din bieful amonte.

I. Conlucrarea baraj avant-radier din beton armat

Problema conlucrării barajului şi avant-radierul de beton armat a apărut pentru prima dată la construţia centralei Svir.

— Din punct de vedere constuctiv (fig. 1) avant-radierul se construeşte din plăci de beton armat în 2—3 straturi orizontale ; între ele se introduc straturi izolatoare bituminoase ; armătura plăcilor de beton armat este continuă şi se ancorează în corpul barajului.

Plăcile de beton constituie elementul de rezistenţă, elastic care, încărcat cu balast şi teren aluvionar poate prelua prin frecare o parte din efortul orizontal al apei.

La centrala Svir unde s-a aplicat pentru prima dată acest principiu s-a adoptat o schemă de calcul prin care corpul barajului era capabil să preia întreg efortul orizontal al apei cu coeficientul de siguranţă $K = 1$. Avant-radierul, prin efortul orizontal capabil să-l preia, ridica acest coeficient de siguranţă la 1,25 restul de 15% necesar pentru a atinge coeficientul de siguranţă $K = 1{,}4$ cerut de norme, s-a asigurat prin conlucrarea cu peretele de palplanşe metalic şi pos-radierul de beton armat.

Deşi în condiţii geologice grele ($f = 0{,}19$ şi tasări ale construcţiilor pînă la 20—30 cm) sistemul de conlucrare dintre corpul barajului şi avant-radier a dat rezultate atît de bune încît (mai tîrziu) s-a aplicat la o serie de construcţii hidrotehnice în condiţii tehnico-economice din ce în ce mai avantajoase. In ultimul timp s-a renunţat la posibilitatea conlucrării cu peretele de palplanşe metalice şi post-radier din motive constructive şi statice — în schimb există astăzi soluţii în care avant-radierul este la fel de încărcat ca şi barajul însăşi. In unele soluţii s-a mărit capacitatea portantă a avant-radierului prevăzîndu-se

un strat drenant puternic sub avant-radier, care micşorează subpresiunile pînă la valoarea nivelului apei în aval, mărind astfel suprasarcina de apă verticală care sporeşte capacitatea portantă a avant-radierului.

— Calculul iniţial, simplu, consta în deducerea capacităţii de a prelua efort orizontal a fiecărei

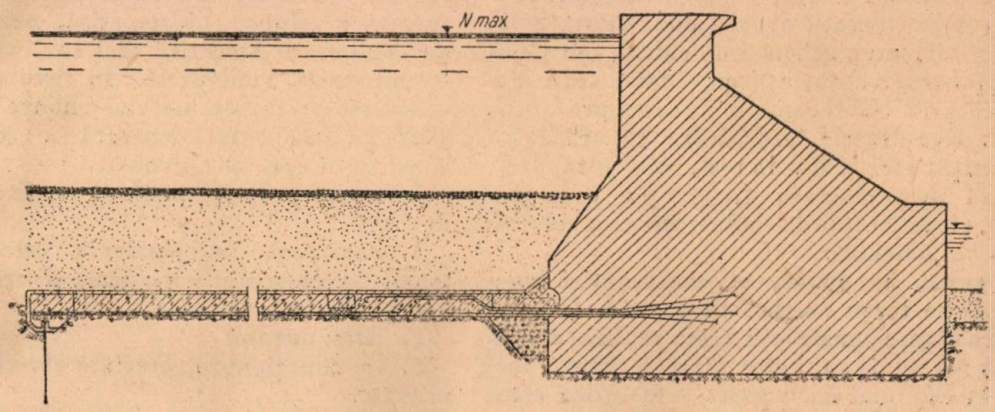


Fig. 1

construcţii în parte, prin înmulţirea sarcinii verticale a barajului şi avant-radierului cu coeficientul de frecare respectiv.

Suma celor două eforturi, care rezultau, conducea la un coeficient de siguranţă cerut de norme. Proporţia dintre eforturile orizontale preluate de o construcţie sau alta,a variat în timp de la o construcţie la alta în funcţie,în spcial de experienţa acumulată, şi de condiţiile specifice fiecărui caz în parte, pînă la 1/1.

Ulterior — într-o lucrare de aspirantură condusă de academicianul V. A. Florin — calculul s-a efectuat pe baza teoriei coeficientului de pat al terenului, ţinîndu-se seama de faptul că una din construcţii (barajul) este rigidă şi deci are deplasări egale pe toată lungimea fundaţiei, iar a doua (avant-radierul) este elastică avînd deplasările legate de deformaţiile ei; deplasarea celor două construcţii în dreptul rostului care le separă fiind aceeaşi.

In aceste calcule deformaţia avant-radierului de beton armat a fost calculată în funcţie de repartiţia armăturii în lungul construcţiei, această repartiţie considerîndu-se uniformă, triunghiulară sau trapezoidală, iar deplasarea la capătul amonte al avant-radierului considerîndu-se nulă.

Mai tîrziu, în aceeaşi lucrare, în calcul s-a aplicat teoria elasticităţii, prelucrată de V. A. Florin, pentru problemelele fundaţiilor construcţiilor hidrotehnice considerate ca un mediu semiinfinit, omogen şi izotrop.

— Din materialul documentar avut la dispoziţie rezultă că pînă astăzi problema nu a fost atacată în laborator, greutatea principală rezultînd din necesitatea de a modela conlucrarea la alunecare dintr-o construcţie elastică şi una rigidă — problemă foarte complexă şi delicată.

— In ceea ce priveşte cercetările pe construcţiile deja executate, în această direcţie se fac astăzi studii sistematice. Nu cunoaştem însă să se fi publicat încă rezultatele acestor cercetări.

II. Conlucrarea la alunecare dintre clădirea uzinei şi barajul de beton la uzinele baraj

Clădirea centralelor hidroelectrice de tip fluvial, a căror dimensiuni sînt determinate de dimensiunile agregatelor şi condiţiilor de admisie şi evacuarea apei, are datorită greutăţii sale proprii posibilitatea de a prelua un efort oarecare de lunecare. De cele mai multe ori însă în cazurile în care clădirea uzinei este separată de bieful amonte prin barajul de gardă, ea nu-şi poate realiza această posibilitate. Apare deci raţional, ca această rezervă de stabilitate la alunecare a clădirii uzinei, să fie utilizată astfel încît în contul ei să se micşoreze dimensiunile barajului, care alftel preia întregul efort de lunecare.

Această problemă s-a pus de către proiectare în cazul unei uzine hidroelectrice pe teren stîncos la o cădere de $H \approx 50$ m; şi în cazul unui teren nestîncos, compact la o cădere de $H \approx 30$ m (fig. 2).

a)In primul caz s-a preconizat construirea independentă a barajului amonte şi a clădirii

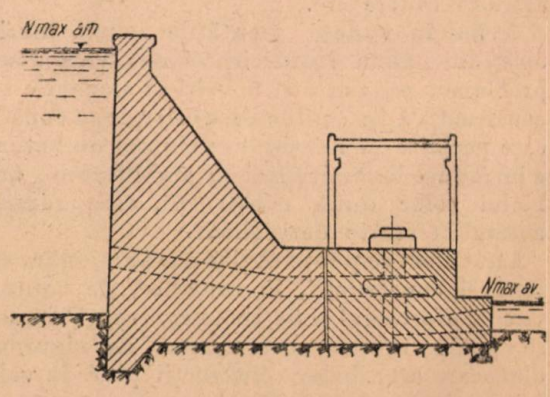


Fig. 2

uzinei şi închiderea rostului dintre construcţii cu beton expansiv, după terminarea în cea mai mare parte a fenomenelor termice şi de contracţie ale betonului.

Metoda de calcul a fost propusă de către prof. A.V. Belov. Ea se bazează pe teoria coeficientului de pat și pleacă de la ideea că, dat fiind legătura rigidă dintre construcții, unghiul de deformație a acelor construcții sub sarcină orizontală va fi același. Admițîndu-se o repartiție triunghiulară a eferturilor normale în rostul dintre construcții, s-a calculat efortul de conlucrare din condițiile de echilibru static al celor două construcții.

Pentru verificarea schemei de calcul, s-a făcut o serie de încercări fotoelastice la Institutul Unional de cercetări VNIIG conduse de către prof. S.G. Gutmann. Rezultatele încercărilor au arătat că deși repartiția eforturilor în rost, este alta decît cea admisă în proiectare (repartiția este mai uniformă), efortul total de conlucrare este sensibil același ca cel calculat.

b). In cazul al doilea, al construcției unei uzine baraj pe teren nestîncos-compact, $H = 30$ m, legătura dintre construcții a fost realizată prin închiderea rostului cu beton simplu, după terminarea în cea mai mare parte a tasărilor celor două construcții.

Metodica de calcul a fost dată de către academicianul V. A. Florin membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S.

In căutarea unor sisteme de conlucrare care să fie aplicabile și pe terenuri slabe-nelegate în disertația care a fost lucrată de autor sub conducerea prof. V.S. Baumgart s-a propus un sistem de conlucrare care păstrează independența celor două construcții la deplasări și rotații diferite. Acest lucru este asigurat printr-un dispozitiv elastic care realizeaă efortul de conlucrare între construcții pe cale hidraulică.

O astfel de rezolvare este legată de problema stabilității construcțiilor la alunecare. După cum se știe, metodele inginerești pentru determinarea coeficientului de siguranță în astfel de calcule sînt suficient de aproximative și convenționale. Acest fapt rezultă din lipsa unor imagini clare asupra fenomenelor fizice care au loc în pămînt și în construcție, în zona contactului dintre ele.

Avînd în vedere greutățile foarte mari care apar din cauza insuficientei rezolvări a acestei probleme, noi am fost nevoiți să alegem o soluție constructivă în conlucrarea celor două construcții care permite să micșorăm volumul de beton fără a introduce incertitudini în stabilitatea ansamblului celor două construcții, care rămîne un ansamblu static determinat.

Acest efect se poate obține dacă acționăm asupra fiecărei construcții, în zona lor, de contact cu cîte un efort egal și de semn contrar. Prin aceasta se poate reduce coeficientul de siguranță la alunecare a ambelor construcții pînă la valoarea lui minimă admisibilă.

Aproximația în determinarea deformației pămîntului de fundație și a construcției însăși, despre care s-a amintit mai sus, nu ne permite să ținem seama de aceste deformații în calculul stabilității construcțiilor de alunecare. Această aproximație este însă pe deplin suficientă în determinarea dimensiunilor constructive ale dispozitivului, cu ajutorul căruia am creiat forța necesară în zona rostului care separă uzina de baraj.

In lucrarea amintită mai sus, am propus un mod deosebit de conlucrare al construcțiilor alăturate, bazat pe ideea realizării unei presiuni hidrostatice mari, în zona rostului de dilatație dintre construcții. Ne-am hotărît să folosim tocmai presiunea hidrostatică, pentru ca forța de conlucrare amintită mai sus să poată fi determinată în mod precis. In sistemul propus se utilizează presiunea biefului amonte care se transmite pe o suprafață anumită a rostului dintre construcții special amenajat.

Sistemul propus satisface următoarele cerințe de bază :

1. Păstrează independența celor două construcți la deformații verticale și orizontale, fără a-și pierde etanșeitatea.
2. Este durabil.
3. In funcționare prezintă eforturi de frecare minime.

Limitele deformațiilor (de temperatură, construcție, tasări etc.) care trebuie suportate de acest sistem, pot fi calculate cu aproximația necesară, calculînd deplasările relative maxime posibile dintre baraj și clădirea uzinei în urma deformațiilor pămîntului de fundație și al clădirilor însăși.

In determinarea efortului de conlucrare putem urmări :

a) să asigurăm coeficienții de siguranță cît mai apropiați la ambele construcții ;

b) să uniformizăm pe cît posibil eforturile normale sau tangențiale în fundațiile celor două construcții.

In raport cu condițiile specifice ale fiecărui ansamblu în parte, pentru căderi de 40 — 50 m cu acest sistem se poate obține reducerea efortului orizontal ce acționează asupra barajului cu 15—20% și a momentului de răsturnare cu circa 10—12%.

Urmează ca ideea conlucrării în stabilitatea la alunecarea a două construcții rigide așa cum este cazul de față, să fie adîncită în special din punct de vedere al mecanicei terenului.

După datele pe care le avem, problema stabilității la alunecare a construcțiilor hidrotehnice a fost studiată prin calcul teoretic și experiențe de laborator numai pentru cazul unui singur element de construcție și nu a fost extinsă la două elemente.

III. Calculul teoretic al stabilității construcțiilor hidrotehnice pe terenuri nestîncoase în etapa actuală

Astăzi în practica proiectării construcțiilor hidrotehnice masive se aplică următoarele metode de calcul la stabilitate :

1) metoda M.M. Ghersevanov ;

2) metoda suprafețelor cilindrice de lunecare propuse de M.M. Grișin ;

3) metoda V.I. Novotarțev ;

4) metode derivate din teoria acad. V. V. Sokolovski.

Metoda M.M. Ghersevanov pleacă de la premiza pierderii stabilităţii construcţiilor hidrotehnice

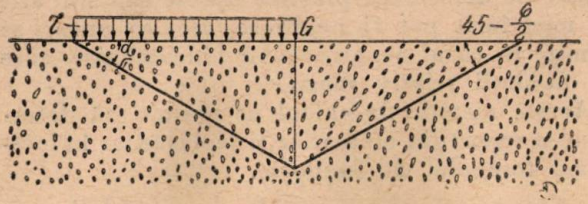


Fig. 3

prin refularea unei prizme din pămîntul de fundaţie de forma din fig. 3.

Metoda prof. M.M. Grişin pleacă de la premiza pierderii stabilităţii construcţiilor hidrotehnice prin refularea unei prizme din pămîntul de fundaţie limitată la partea inferioară de o suprafaţă cilindrică circulară fig. 4.

Metoda lui V.I. Novotarţev se bazează pe calculul echilibrului limită a terenului de sub

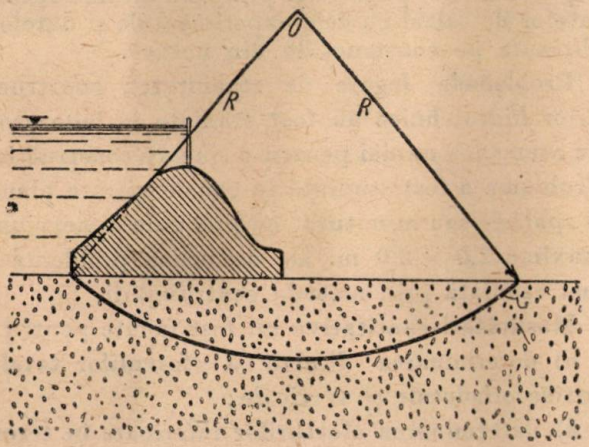


Fig. 4

construcţie, în ipoteza că în tot domeniul de refulare (prizma de refulare), în orice punct al acestuia, avem asigurată relaţia Mohr-Ranchine.

In conformitate cu calculul stării limită prizma de refulare este alcătuită din trei zone (fig. 5)

1. Zona împingerii active a pămîntului, limitată la partea inferioară de un plan ce face unghiul θ cu orizontala;

2. Zona intermediară limitată la partea inferioară de o spirală logaritmică;

3. Zona împingerii pasive a terenului, limitată la partea inferioară de un plan ce face unghiul $45° - \frac{\varphi}{2}$ cu orizontala.

V.I. Novotarţev a dat soluţia analitică a problemei în următoarele ipoteze:

a) forma prizmei de refulare se determină fără a se ţine seama de greutatea pămîntului de fundaţie;

b) greutatea prizmei se introduce apoi în calcul, printr-o sarcină echivalentă uniform repartizată *q*, ce acţionează la suprafaţa prizmei.

In normele de proiectare se prevede ca în cazul pămînturilor de fundaţie uniforme să se folosească metoda Novotarţev, iar pentru cazurile cu terenuri de fundaţie neuniforme să se folosească metoda M.M. Grişin.

Schema de calcul Ghersevanov a fost înlocuită şi în ceea ce priveşte forma prizmei de refulare şi în ceea ce priveşte schema de calcul care nu

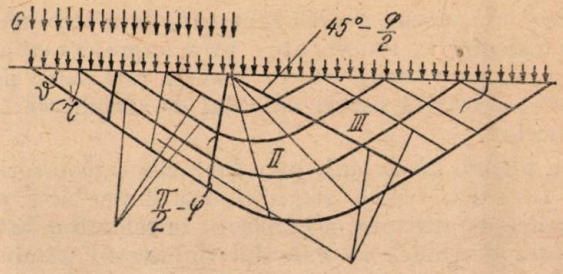


Fig. 5

îndeplineşte condiţia de echilibru a momentelor.

Schema de calcul pe baza prizmelor cilindrice a fost înlocuită şi în ceea ce priveşte forma şi în ceea ce priveşte interacţiunea dintre suprafeţele elementare ale prizmei de refulare, care este considerată în mod diferit, de diferiţi autori care s-au ocupat cu această problemă.

Cercetările de laborator şi în natură, efectuate la Institutul Unional VNIIG au arătat că schema de calcul Ghersevanov sau suprafeţe cilindrice, sînt mult prea acoperitoare.

Pentru a prinde prin calcul aceste rezerve la stabilitate a construcţiilor hidrotehnice — au

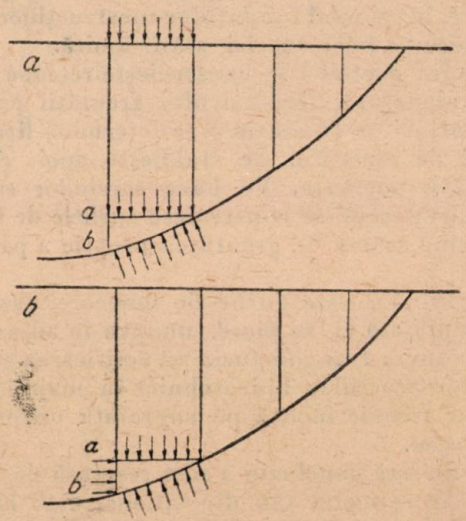


Fig. 6

apărut în ultimul timp o serie de propuneri dintre care reţinem:

a) *Propunerea conf. E.D. Kadomski.* E.D. Kadomski propune ca în calculul fîşiilor verticale

ale prizmei de refulare — să se țină seama și de presiunile laterale care se nasc datorită sarcininilor verticale fig. 6.

Față de ipoteza din (*a*) care se avea în vedere pînă acum, se propune să se țină seama și de efortul normal ce apare pe fața a—b datorită presiunii laterale (*b*).

b) *Metoda ing. Jirji Skopek.* Acesta propune să se introducă în calcul, deformația fîșiilor verticale de calcul din prizma de refulare, care naște un moment rezistent la deformarea întregului prizm de refulare.

Deși au apărut aceste încercări de a îmbunătăți calculul la stabilitate prin suprafețe cilindrice, se pare totuși că nu aceasta este calea pe care se dezvoltă astăzi calculul de stabilitate la alunecare.

In ultimii 20 de ani, prin lucrările cercetătorilor sovietici, teoria stării limită și metodele ei practice de utilizare, a cunoscut în schimb o dezvoltare deosebită în calculul împingerii pămînturilor asupra zidurilor de sprijin, stabilitatea taluzelor, rezistența pămînturilor de fundație a construcțiilor executate pe terenuri slabe și altele.

Printre aceste lucrări un loc de frunte îl ocupă lucrarea „Statica mediilor disperse" de academician V.V. Socolovski din 1942, în care se prelucrează metoda generală analitică a teoriei stării limită.

V. I. Novotorțev a dezvoltat calculul stabilității construcțiilor hidrotehnice pe terenuri slabe sub acțiunea forțelor înclinate pe baza teoriei stării limită.

Profesorul doctor în șt. S.S. Golușkevici a prelucrat metodele grafice ale teoriei stării limită.

P.A. Evdochimov a aplicat metoda grafo-analitică, în calculul fundațiilor construcțiilor hidrotehnice pe baza teoriei stării limită.

In cadrul metodei se construiește rețeaua liniilor de alunecare, fără calculul greutății proprii a pămîntului de fundație și se determină limitele prizmei de lunecare. Se stabilește apoi curba capacității portante. Pe baza sarcinilor critice din această curbă se construiesc curbele de lunecare ținînd seama de greutatea proprie a pămîntului.

Construind aceste curbe de lunecare, care nu ies la suprafață ci se pierd undeva în adîncime, Evdochinov a tras concluzia că verificarea stabilității construcțiilor hidrotehnice în majoritatea cazurilor trebuie făcută pe suprafața orizontală a fundației.

Deși această concluzie a fost respinsă de N.N. Maslov în articolul său din „Construcții hidrotehnice" decembrie 1952, fără a intra în discuția acestei probleme, reținem că ea este un aspect important care trebuie avut în vedere în cadrul rezolvării problemei de față.

In afară de metodele amintite mai sus, mai există o serie de scheme de calcul pe baza teoriei elasticității. Astfel sînt soluțiile academicianului V.A. Florin, ale profesorilor Savinov, Barkan și alții.

Aceste soluții sînt valabile în cazurile în care zonele de deformații plastice lipsesc sau sînt atît de mici încît pot fi neglijate, ceea ce uneori se admite în cazul construcțiilor hidrotehnice care au fundații relativ mari.

Aceste metode de calcul ne permit să determinăm repartiția efoturilor și deplasărilor în interiorul terenului de fundație.

VI. Cercetarea experimentală a stabilității construcțiilor hidrotehnice pe terenuri nestîncoase în etapa actuală.

In realitate, toate metodele teoretice de calcul amintite mai sus, conțin aproximații mai mari sau mai mici care denaturează într-o măsură oarecare rezultatele. Analiza acestor metode arată că pentru aceleași condiții inițiale, se obțin rezultate diferite, care variază în limite destul de mari.

Alegerea metodei celei mai raționale pentru fiecare caz în parte poate fi rezolvată pe cale experimentală, precum și prin compararea rezultatelor de calcul cu cele experimentale și datelor obținute pe construcțiile din natură.

Problemele legate de stabilitatea construcțiilor hidrotehnice au fost studiate în laborator de asemenea numai pentru o singură construcție. Problema a fost studiată în canale vitrate plane și spațiale sau în natură cu probe de dimensiuni maxime 2,0 × 2,0 m. De asemenea problema a fost studiată prin metoda centrifugării.

Măsurători cantitative au fost făcute pentru :

a) determinarea directă a eforturilor totale critice orizontale și verticale ;

b) determinarea eforturilor interioare în teren σ și τ cu ajutorul mezdozelor cu coarde vibrante ;

c) același lucru cu ajutorul mezdozelor cu dacicuri electrice ;

d) determinarea deplasărilor construcțiilor cu ajutorul microcomparatoarelor.

Măsurători calitative, au fost făcute pentru determinarea deformațiilor terenului și prizmului de reflulare, cu ajutorul :

a) fotografierii directe a prizmului deformat ;

b) prin deplasarea diverselor puncte materializate prin cubulețe sau becușoare mici așezate în rețea ;

c) prin deformarea straturilor de nisip colorate diferit ;

d) prin traectoriile imprimate de boabele de nisip pe geamul prospăt vopsit ;

e) prin tractoriile imprimate de boabele de nisip pe o placă de parafină suflată cu grafit ;

f) prin urmărirea cu raze Rontgen a unor alice de plumb antrenate de masa de nisip deformată ;

g) prin întărirea, după deformare a prizmului de refulare, cu ajutorul cimentului introdus în nisip la începutul experienței și altele.

Dintre concluziile mai importante ce se degajă din cercetările de laborator reținem următoarele:

1. Calculele de rezistență și de stabilitate ale construcțiilor hidrotehnice la alunecare după metodele existente, nu corespund în totdeauna și cu destulă exactitate cu rezultatele experiențelor. Metodele de calcul amintite mai sus, micșorează capacitatea portantă reală a fundațiilor pe teren moale.

2. Influența excentricității la aplicarea eforturilor asupra construcțiilor poate fi neglijată — după experiențele lui P. A. Evdochimov la terenuri nestîncoase și C. A. Roza la terenuri stîncoase.

3. Caracteristicile pămîntului de fundație — unghiul de frecare și coeziunea — se recomandă să fie determinate în laborator în canale de studiu plane sau spațiale și direct pe teren — la construcții importante.

Un aspect al cercetărilor de laborator care, din literatura pe care am avut-o la dispoziție nu pare a fi astăzi încă lămurit complet, este problema criteriului de modelare.

Există diverse propuneri asupra criteriului de modelare, în funcție de diverse ipotezele avute în vedere, pentru cazul unei construcții încărcate cu sarcină verticală.

In lucrarea acad. Sokolovski și în articolele lui P.A. Evdokimov se propune următorul criteriu de modelare:

$$N = \frac{\sigma_M}{b_M \cdot \gamma_M} = \frac{\sigma_N}{b_N \cdot \gamma_N}$$

Trebuie însă să observăm aci că acest criteriu nu ține seama de eforturile τ de la suprafață (datorită împingerii apei) care în cazul nostru constituie un efort important. In același timp la $\gamma_M = \gamma_N$ ar trebui să lucrăm pe model cu σ_M foarte mici, căci $\sigma_M = \sigma_N \cdot \frac{b_M}{b_N}$, la care fenomenele nu se mai reproduc fidel. De asemenea greutatea prizmului de refulare nu pare a se modela în mod corect.

De aceea, generalizarea vreunui criteriu pentru alte cazuri de construcții sau de încărcare nu pare complet justificată și încă nelămurită.

In fine, un alt aspect care nu a fost încă lămurit pe cale experimentală constă în metoda evidențierii din interiorul prizmei de refulare a zonelor în care avem deformații plastice. Rezolvarea acestei probleme ar putea ajuta mult în alegerea schemelor de calcul celor mai corespunzătoare.

***

In prezentul articol am căutat să arătăm cum a apărut problema conlucrării în stabilitatea la alunecare a elementelor construcțiilor hidrotehnice și aspectul tehnic de calcul teoretic și experimental actual. S-a arătat sumar cîteva soluții preconizate sau utilizate în practică. Cercetări noi urmează să le expunem într-un articol viitor.

★

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НА СДВИГ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Резюме

В поисках наиболее рациональных решений в последнее время все шире и шире используется принцип совместной статической работы отдельных элементов сооружений. Данная работа ставит своей задачей выяснить возможность применения этого принципа в области гидротехнических сооружений.

REDUCEREA PIERDERILOR DE ENERGIE HIDRAULICĂ PRIN ÎNCERCĂRI PE MODELE

Dr. ing. P. WISNER

In multe cazuri, pierderile de sarcină locale și condițiile hidraulice din biefurile hidrocentralelor, au o influență apreciabilă asupra randamentului uzinelor hidroelectrice. Datorită complicației și caracterului tridimensional al fenomenelor hidraulice, reducerea acestor pierderi nu se poate face decît prin încercări pe modele; în sprijinul acestei afirmații se aduc mai multe exemple din U.R.S.S., C.S.R. și din lucrările noastre. In același timp laboratorul hidraulic permite ca, pentru egale condiții de funcționare, să se aleagă forma cea mai constructivă, obținîndu-se astfel și economii directe, ceea ce se exemplifică pe baza studiului în laborator al formei și construcției prizelor aducțiunilor cu scurgere forțată.

Una din ramurile de cercetare, care are un rol foarte important în realizarea de economii este hidraulica experimentală. Experiența Institutului de studii și proiectări energetice, care a utilizat încercările pe modele pentru verificarea unui număr destul de mare de proiecte, arată că *fără nici o excepție fiecare din aceste încercări a adus îmbunătățiri și economii directe sau indirecte*, (directe prin reducerea volumului de lucrări, indirecte prin micșorarea cheltuielilor de întreținere și ameliorarea condițiilor de exploatare). Experiența cîștigată de proiectanți în urma colaborării cu laboratoarele hidraulice, contrebuie la îmbunătățirea calității noilor proiecte și face în același timp ca să se mărească numărul problemelor ce sînt supuse cercetării pe model.

Determinarea soluției celei mai economice în proiectarea diverselor elemente ale unei uzini hidroelectrice, cere ca în compararea variantelor studiate, să se ia în considerație atît volumul lucrărilor de construcții cît și influența reducerii acestuia asupra producției de energie electrică [7]. Exemplul clasic îl constituie conductele și galeriile de derivație, al căror diametru se determină astfel ca să fie minimă suma cheltuielilor anuale provenite din lucrările de construcții și din pierderile de energie corespunzătoare pierderilor de sarcină lineare. Posibilitatea de a exprima analitic pierderile de sarcină lineare, respectiv cele de energie, în funcție de dimensiunile aducțiunei, a condus la mai multe încercări de exprimare a condiției de mai sus sub forma unei formule. (Recent s-au propus și la noi formulele ing. A. Teodorescu).

Pierderile de sarcină liniare nu au totdeauna ponderea cea mai mare în determinarea randamentului hidraulic al uzinei hidroelectrice. La uzinele baraj și în general în cazul căderilor joase și mijlocii *joacă un rol important economic și reducerea pierderilor de sarcină locale.* Randamentul hidraulic al acestor uzine este sensibil influențat de condițiile de apropiere din bieful amonte și de cele de evacuare din bieful aval. Eforturile mari făcute pentru mărirea randamentului turbinelor hidraulice (care a crescut în ultimii 50 ani de la 0,80 la 0,94) pot fi în bună parte anulate printr-o dispoziție insuficient studiată a părților de construcție. Pe de altă parte, pentru a se micșora pierderile locale, se adoptă uneori în proiecte forme hidrodinamice, a căror realizare constructivă reprezintă greutăți ce nu sînt totdeauna justificate economic printr-o micșorare corespunzătoare a coeficientului pierderilor de sarcină.

Optimul economic, dacă se ține seama de toți acești factori, nu poate fi determinat prin calcule ca în cazul dimensionării aducțiunilor și atunci se recurge la studii experimentale pe modele hidraulice. Problema este prea vastă pentru a putea fi epuizată în acest cadru restrîns, însă vom căuta să prezentăm cîteva aspecte principale folosind atît rezultatele unor cercetări de laborator făcute pentru mai multe uzine din U.R.S.S. și C.S.R. cît și unele studii mai recent făcute și pentru lucrările noastre sub conducerea ing. dr. Novak de către un colectiv de cercetători în laboratorul V.U.V. din Praga (pentru bazinul de liniștire din paragraful II de ing. L. Kutis și pentru corpul prizei din paragraful III cu colaborarea autorului).

Menționăm că în cele ce urmează, rezultalele experimentale vor fi privite în special din punctul de vedere al foloaselor pe care le-ar aduce utilizarea lor în proiecatare. Din această cauză am considerat că nu prezintă interes descrieri mai amănunțite ale încercărilor sau tablouri cu rezultate parțiale care ar cere prezentarea aceluiaș material în mai multe articole separate.

Un studiu complet asupra naturii și problemelor generale ale pierderilor locale, se găsește în lucrarea recentă a lui P. Idelcik Ghidravliceskoe soprotivlenie, Moscova 1954.

I. Influența dispoziției prizelor în bieful amonte al unei uzini baraj.

In general, pentru calculul pierderii de sarcină la prize se folosesc coeficienți din literatură determinați în anumite condiții experimentale, fără a se ține seama de faptul că în realitate fenomenul este tridimensional (lucru ce se face simțit mai ales la uzinele baraj cu mai multe grupuri, unde fiecare turbină este alimentată de la altă priză). Intrucît nu toate grupurile sînt în același timp în funcțiune pot apare la prize curenți transversali care măresc contracția la pilele acestora și provoacă uneori vîrtejuri. Deși sînt cîteodată neglijabile, aceste modificări ale condițiilor de scurgere se pot accentua la anumite dispoziții în plan ale prizei sau ale centralei, precum și în urma unor manipulări defavorabile

ale stăvilarelor sau chiar prin ordinea în care sînt puse în funcțiune grupurile. In aceste cazuri pe lîngă creșterea pierderii de sarcină locale la prize, apare și o scădere a randamentului turbinei prin schimbarea unghiului de atac la paletele distribuitorului. Vom arăta amploarea efectului acestor fenomene asupra producției de energie electrică, prin exemplul unei uzini fluviale mai vechi, construite pe fluviul Elba în Repulica Cehoslovacă, după schema arătată în fig. 1 [1].

Această uzină, care are 3 turbine Francis este de un tip ce se utiliza destul de des în Europa Centrală, caracterizat prin aceea că uzina este amplasată într-o porțiune rectilinie a rîului, axa barajului și a centralei fiind perpendiculară pe

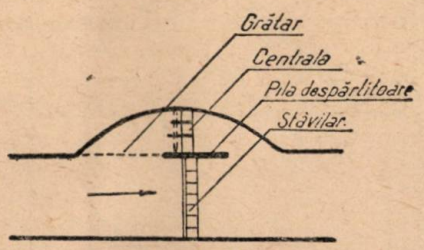


Fig. 1. Amplasarea unei uzini baraj, prin supralărgirea albiei și cu priza într-un cot de 90°, foarte dezavantajoasă din punct de vedere hidraulic.

aceasta. Axele prizelor și aspiratoarelor sînt paralele cu rîul, iar intrarea la prize se face sub forma unui cot de 90°. Condițiile de scurgere din bieful amonte și influența lor asupra randamentului uzinei au fost studiate de curînd în vederea proiectării unor noi uzine baraj. Studiile au fost făcute de dr. ing. Cabelka de la laboratorul V.U.V. din Praga atît pe un model de ansamblu al uzinei cît și prin măsurători în natură. In fig. 3,*a* se arată cum datorită dispoziției prizei, precum și lungimii exagerate și formei necorespunzătoare a pilei despărțitoare dintre centrală și baraj, firele de curent sînt încovoiate producîndu-se o contracție puternică mai ales pentru turbina dreaptă de lîngă baraj. In aceeași fotografie se distinge și un vîrtej ce apare în dreptul prizei acestei uzine. Măsurătorile au stabilit *diferențe surprinzător de mari între condițiile de funcționare ale celor trei agregate.* Pierderea de sarcină la priza agregatului drept, era de două ori mai mare decît cea de la agregatul din stînga, de lîngă malul rîului și de 5 ori mai mare decît pierderea de la priza agregatului central. Diferența de randament între agregate făcea ca la plină sarcină puterea agregatului drept să fie cu 30% mai mică decît a agregatului central cu care era de construcție identică. Pe baza măsurătorilor s-a arătat prin calcule că producția anuală a agregatului din dreapta era cu 20% mai mică decît a celui central iar producția agregatului stîng cu 10% mai mică. *Prin urmare în urma unei dispoziții defectuoase din punct de vedere hidraulic producția totală a acestei uzini s-a micșorat cu 10%.* Cercetări făcute tot de către dr. ing. J. Cabelka pe alte uzini de tip analog de pe Vltava și Elba, cari au fost de asemeni proiectate fără a se face studii preliminare pe modele, au arătat că agregatele dezavantajos amplasate au producția cu 2—8% mai mică decît cele vecine. Cazuri analoage s-au constatat și la hidrocentrale din alte țări putîndu-se cita cele de la Ruppelswill și Klingenau din Elveția. Pentru uzinele noi construite pe Morava și pe Elba superioară s-a recomandat pe baza încercărilor pe model schema îmbunătățită arătată în fig. 2. Uzina este acum așezată într-un sector curb al rîului și anume în partea concavă. Este caracteristic că atît axele prizelor cît și ale aspiratoarelor nu mai sînt perpendiculare pe axa barajului, ci oblice făcînd între ele un unghiu de 140°. Forma pilei care separă camera de priză de stăvilar, a fost obiectul unor studii amănunțite. Față de soluțiile mai vechi ea este scurtată și îngroșată iar conturul este astfel determinat încît scurgerea să se facă la debitele cele mai frecvente fără contracție, făcîndu-se verificări și pentru alte cazuri de exploatare. Lungimea pilei în amonte este totuși suficient de mare pentru ca în cazul scurgerii prin stăvilar nivelul în camera de apă să rămînă cît mai ridicat (s-a găsit să este în general necesar ca lungimea pilei în amonte să fie de trei ori mai mare decît înălțimea lamei deversante). Pe același model s-au studiat și alte elemente de detaliu cum ar fi forma de tranziție de la taluzul înclinat la verticală pentru malul stîng, forma în plan și în secțiune a pragului prizei pentru îndepărtarea aluviunilor, panta radierului amonte de priză pentru care s-a găsit valoarea optimă 1 ; 5, etc.

Schema nouă propusă în urma încercărilor are următoarele avantaje față de cea a uzinelor mai vechi : asigurarea unei scurgeri uniforme și micșorarea pierderilor de cădere atît la priză cît și la ieșirea din turbine, funcționarea uniformă și în condiții optime a tuturor agregatelor, reducerea depunerilor de aluviuni în bieful amonte și aval precum și micșorarea volumului de săpătură (vezi fig. 2, *b*). Fără a intra în detalii, menționăm că prin această schemă s-au obținut de asemenea o serie de îmbunătățiri la ecluza de la malul drept, pentru care în primul caz la ape mari, peretele despărțitor amonte era puternic afuiat (ceea ce a produs la una din uzinele construite după această schemă, la Klavary răsturnarea în timpul unei viituri). In același timp la ieșirea din ecluză unde peretele despărțitor se construia de obicei cu o înălțime mai mică decît a barajelor se producea la viituri o micșorare bruscă a vitezei, care avea drept urmare depuneri ce îngreuiau navigația. In soluția îmbunătățită din fig. 2 se lasă între ecluză și rîu o mică insulă avînd înălțimea numai cu puțin ridicată asupra nivelului apelor mari și a cărei formă s-a determinat astfel încît inconvenientele de mai sus să fie înlăturate. Soluția aceasta prezintă avantaje și pentru exploatarea ecluzei.

Direcțiile firelor de curent arătate în fig. 3,*a* și *b* sînt materializate prin metoda cronofotografică care constă în principiu în fotografierea pe aceiași placă și la intervale regulate cu ajutorul unui dispozitiv special a unor plutitori luminoși. Prin această metodă s-a putut obține nu numai

imaginea firelor de curent ci și mărimea vitezelor la adîncimi convenabil alese, ceea ce a permis compararea între ele a mai multor soluții. (Viteza este proporțională cu lungimea traiectoriei punctu-

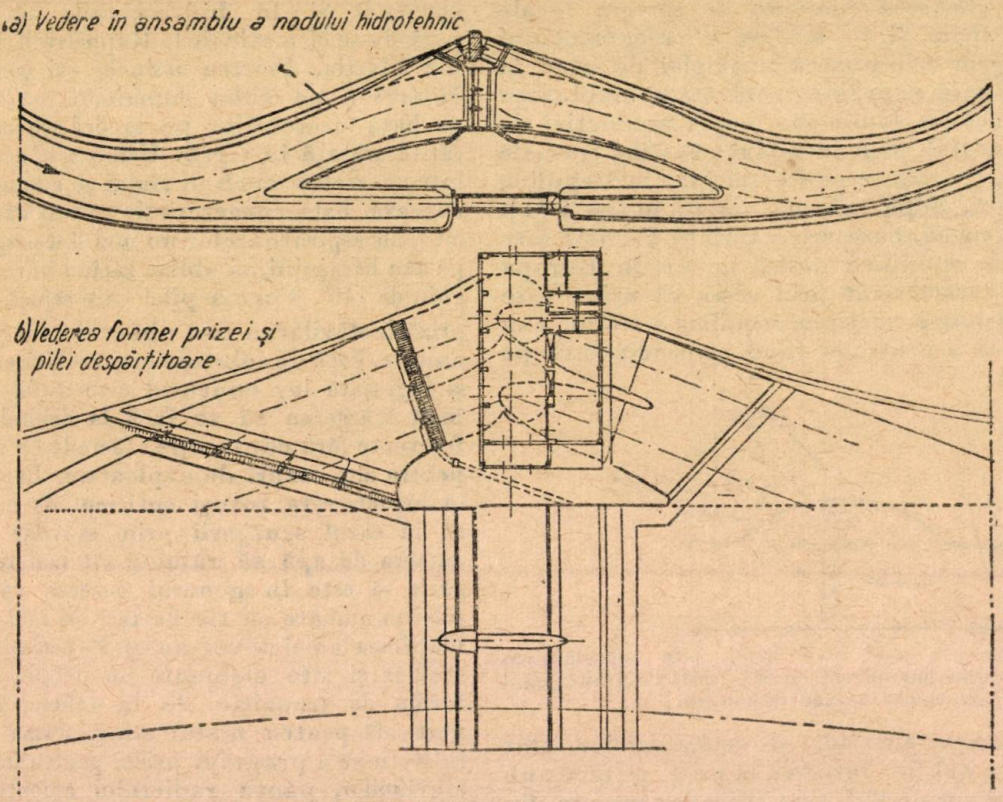


Fig. 2. In urma încercărilor pe model se propune o schemă și amplasare favorabilă a uzinei baraj, permițînd reducerea pierderilor de energie.

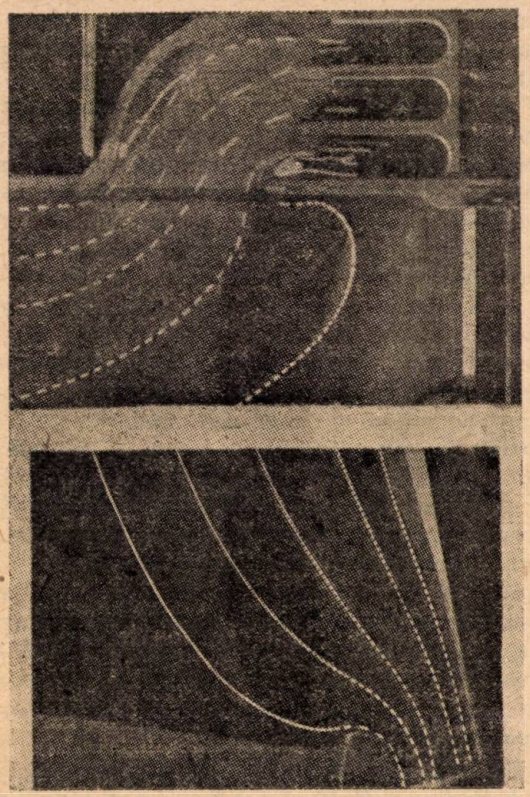


Fig. 3. Metoda cronofotografică permite punerea în evidență a îmbunătățirii condițiilor de acces la priză la soluția găsită în urma încercărilor pe model:
a — soluția inițială; b — soluția îmbunătățită

lui luminos parcurs în intervalul expunerii plăcii).

In exemplul de mai sus îmbunătățirea s-a făcut printr-o modificare destul de radicală a soluției. Autorul a arătat în altă parte că în unele cazuri, se pot obține îmbunătățiri ale condițiilor de scurgere și prin schimbări relativ mici ale dispoziției prizelor, de exemplu printr-o realizare nesimetrică a pilelor [10]. Aceste observații prezintă interes pentru îmbunătățirea randamentului centralelor existente. In Uniunea Sovietică s-au făcut astfel de verificări ale condițiilor de scurgere la prizele unor centrale mai vechi, făcîndu-se încercări pe model acolo unde pierderile de sarcină erau prea mari. Exemplul unei asemenea modificări obținute cu mijloace simple și care a permis totuși o mărire cu 3% a căderii utile a hidrocentralei respective este arătat în fig. 4 [3]. De asemenea și prof. Morozov arată că la uzina Nijnisvisk s-a cîștigat, în urma încercărilor făcute în laboratorul politehnicei din Leningrad prin îmbunătățirea condițiilor de scurgere la priză, 3% din căderea utilă [5].

II. Influența condițiilor de scurgere din bieful aval

Condițiile de scurgere din bieful aval prezintă pentru randamentul uzinei hidroelectrice un interes mai mare chiar decît condițiile din bieful

amonte, influențele ce se exercită avînd un caracter mai complex decît cele tratate în paragraful de mai sus.

Randamentul turbinei este dat de fabricile constructoare în ipoteza că la ieșirea din aspi-

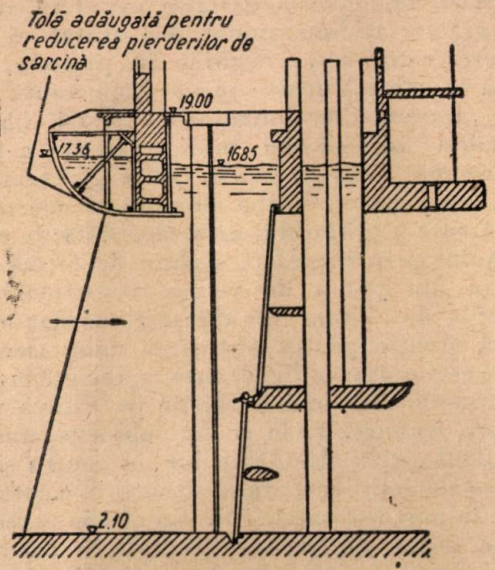


Fig. 4. Reducerea pierderilor de sarcină la priză, realizată prin mijloace simple, după terminarea construirii centralei.

rator scurgerea se face uniform și paralel cu axul acestuia, forma asipratorului fiind determinată prin studii amănunțite în laboratorul de mașini hidraulice pentru această ipoteză. Dacă această condiție nu mai este respectată în natură, pot avea loc deslipiri sau concentrări ale debitului într-o parte a secțiunii aspiratorului, însoțite de o scădere a randamentului. Această pierdere de energie poate fi totuși evitată, dacă se studiază pe un model de ansamblu al centralei diferitele cazuri de exploatare, îndicîndu-se cele mai avantajoase din acest punct de vedere. Pentru aceste studii, laboratorul hidraulic trebuie să rezolve problema delicată a construirii modelului turbinei. In general, nu trebuie făcută o reprezentare la scară a acesteia și nici nu se creiază un cuplu rezistent pentru a se regla viteza de rotație. Aceasta nu numai din motive economice ci și din cauză că eventualele schimbări nu se mai pot aduce elementelor mașinii, studiate în prealabil în laboratorul de mașini hidraulice. Pentru aceste scopuri, modelul turbinei este astfel proiectat încît printr-o soluție cît mai schematică, să fie totuși redate fidel acele condiții care interesează fenomenul particular studiat. Dacă aceasta are loc în amonte, iar turbina este racordată de priză printr-o conductă suficient de lungă, ea poate fi reprezentată printr-o simplă vană. Dacă racordul este mai scurt, modelul trebuie să realizeze cel puțin calitativ condițiile create de distribuitor, așa că trebuie prevăzut cu o spirală și palete, grupate de obicei în jurul unei vane conice, căreia i se adaptează un aspirator avînd forma celui din proiectul turbinei.

O problemă specială în proectarea unui astfel de model de turbină s-a pus într-un studiu făcut pentru una din hidrocentralele noastre, unde trebuia realizată pe model scoaterea bruscă de sub sarcină a unuia sau mai multor grupuri. In acest caz intrau în funcțiune regulatorii de presiune, eliberînd în bazinul de liniștire din aval de ceutrală un jet de apă cu viteza mult superioară celui din aspirator. Trebuia verificat dacă scăderea de nivel provocată de acest fenomen de ejecție nu avea drept urmare o scădere de nivel la ieșirea din aspirator periculoasă pentru turbinele ce rămîneau în funcțiune. Modelul unei turbine construit în laboratorul V.U.V. este arătat în fig. 5, iar cercetarea a arătat că vîna de apăce ieșea din conducta de evacuare a regulatorului, fiind și aerată printr-o conductă de aerisire, prevăzută în proiect, nu provoca decît o corobrîre neglijabilă a nivelului. In schimb, *s-a pus în evidență forma nesatisfăcătoare a bazinului de liniștire*, menit să asigure condiții cît mai uniforme de scurgere, deși turbinele erau de mărime diferită și la ieșirea din bazin canalul de fugă intra într-o curbă. Incercările au arătat că pentru forma proiectată inițial aveau loc vîrtejuri și curenți transversali însoțiți de o ridicare cu 0,37 cm a nivelului la ișirea din aspirator față de cel de la intrare în canalul de fugă. Pentru forma îmbunătățită recomandată de laborator, această diferență de nivel a fost coborîtă la

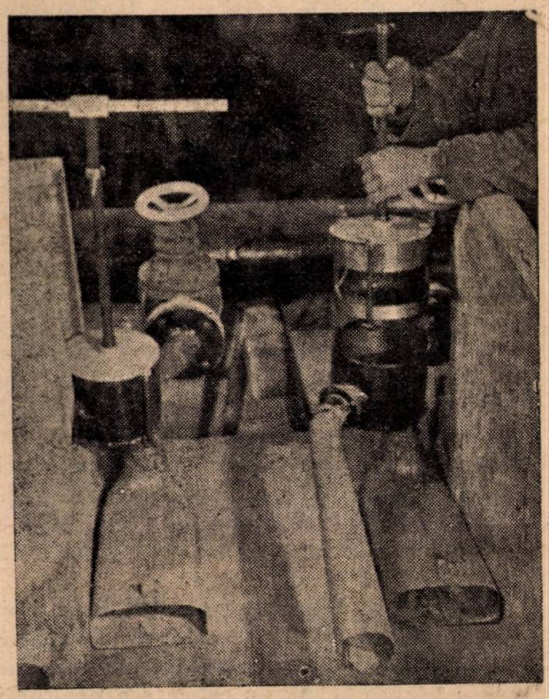


Fig. 5. Modelul unei turbine cu regulator de presiune pentru studiul condițiilor din bieful aval.

0,14 cm. ceea ce ținînd seamă de debitul mare instalat, reprezenta anual un număr apreciabil de kWh. S-ar fi putut obține o reducere mai mare, a pierderii, de sarcină dar numai prlntr-o mărire exagerată a excavațiilor și de aceea ultima valoare a fost considerată satisfăcătoare. Făcîndu-se măsurători sistematice de nivele și observînd direcția și viteza curenților prin me-

toda crono-fotografică, s-au putut face recomandări asupra unei ordini optime de exploatare a agregatelor hidrocentralei.

Pe modelul de ansamblu al uzinelor baraj se poate determina și o ordine optimă de

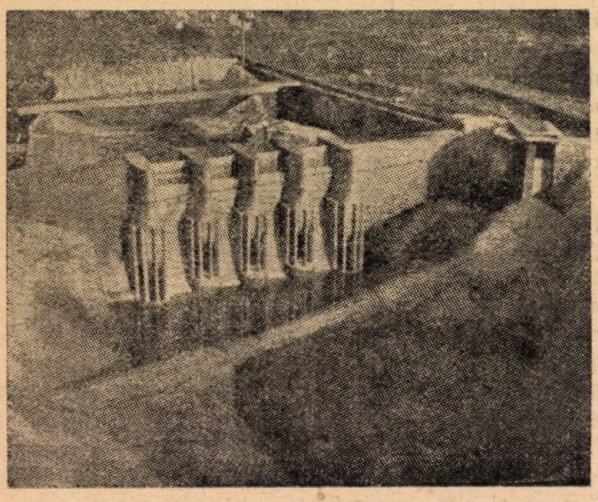


Fig. 6. Construcția în formă hidrodinamică a prizelor unui baraj de pe rîul Vltava (vedere amonte a modelului uscat).

manipularea evacuatorilor pentru a realiza scoborîri ale nivelului din bieful aval. Hidraulicienii sovietici au cercetat în mod deosebit posibilitatea de a folosi în mod intenționat scoborîrea nivelului aval prin fenomenul de ejecție, pentru a înlătura pierderile de energie provocate de ridicarea acestui nivel la ape mari. Pentru una din [illegible]nele mari din U.R.S.S. s-a obținut prin ejecția stu[illegible] cu ajutorul încercărilor pe model, o creștere [illegible]uterii de 14% la viitura cu asigurare de 1% și o [illegible]ștere de 22% la vitura cu asigurarea de 1% [illegible]. Prin studiile de laborator ale lui C. A[illegible]gorov, D. I. Kumin, A. A. Sabaneev, I. I. Levi, C. M. Slischi și ale altor cerecetători, s-a pus la punct o metodică de calcul suficient de precisă pentru ejecția prin deversare și goliri de fund. Cercetătorii sovietici s-au ocupat și cu ejectarea direct în aspirator, care permite utilizarea parțială a acestuia ca evacuator însoțită și de o economie însemnată a volumului de beton. Această ultimă problemă nu a găsit încă o rezolvare satisfăcătoare.

In încheierea acestui paragraf dorim să amintim încă un aspect al problemelor din bieful aval al hidrocentralelor, care nu trebuie neglijat cînd se studiază posibilitățile de ridicare a producției de energie. Materialul de fund erodat în aval de distrugătorii de energie, precum și debitul solid trecut prin evacuatori în bieful aval se poate în unele cazuri depune în așa fel încît să provoace o ridicare a nivelului la ieșirea din centrală. In cazul uzinelor cu canal de fugă, aceleași efecte pot fi provocate de formarea unor bancuri de aluviuni la confluența canalului cu rîul. Aceste probleme pot fi de asemenea studiate pe model, metodica de modelare a debitului solid fiind prezentată sumar într-un articol precedent.

III. Justificarea economică a formelor hidrodinamice

In cele de mai sus ne-am ocupat în special de pierderile de energie cauzate de dispoziții de ansamblu în biefurile amonte și aval ale hidrocentralei, fenomenele descrise avînd în general un caracter tridimensional. Am arătat că acest caracter este adesea neglijat în proiecte, unde se dă în schimb foarte mare importanță realizării „formei hidrodimanice" a prizei. Chiar și la căderi mijlocii sau mari priza are o formă de trompă hidrodinamică, pilele grătarului au forma de picătură de apă alungită iar construcția purtătoare a grătarului este racordată de corpul barajului prin suprafețe riglate de formă complicată din punct de vedere constructiv. Un exemplu de lucrare la care s-a acordat o deosebită atenție pentru obținerea unor asemenea forme este arătat în fig. 6, care reprezintă modelul de ansamblu al unui baraj de pe Vltava văzut dinspre amonte, unde se pot observa afară de cele două prize ale turbinelor în centru și cele 2 prize ale golirilor de fund situate la o cotă mai joasă în părțile laterale [2]. Cu ocazia execuției aceste forme au produs greutăți în executara cofrajului și un spor de cheltueli prin ridicarea costului manoperei. Pentru prizele golirilor de fund unde există pericolul cavitației s-a arătat în „Hidrotehnica", nr. 4—5/1952 că adaptarea formelor cît mai hidrodinanice este necesară pentru buna funcționare a instalației. In ceea ce privește prizele aducțiunilor cu scurgere liberă pe rîurile ce transportă debit solid, forma este impusă de limitarea la minimum a aluviunilor antrenate în aducțiune. Rămîn prizele aducțiunilor cu scurgere forțată făcute în lacurile de acumulare, în felul celor din fig.7 unde forma

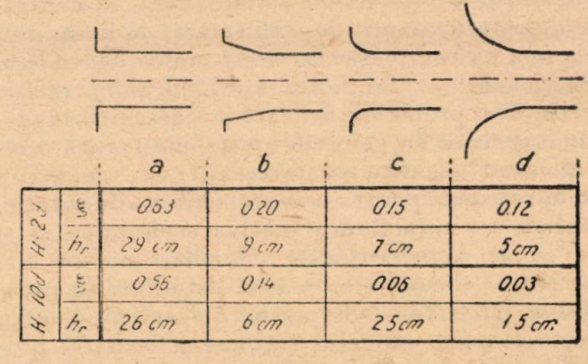


Fig. 7. Variația pierderii de sarcină la priză pentru diferite forme ale acesteia.

hidrodimamică *ar trebui să fie justificată numai printr-o economie corespunzătoare de energie.* Vom trata separat problema formei prizei propriu zise și a formei construcției purtătoare a grătarului.

Pentru determinarea pierderilor de sarcină în funcție de forma prizei găsim în literatura mai veche coeficienți care mai sînt uneori folosiți în practica de proiectare. Se recomandă a nu se mai folosi aceste valori obținute acum cîteva decenii pe modele foarte mici (Weisbach a

lucrat cu conducte cu diametrul de 1—4 cm și Winkel cu diametrul 3—4 cm), într-o perioadă în care tehnica modelării era la începuturile ei. Așa cum a arătat recent dr. ing. Liscovek într-o serie de încercări făcute în laboratorul din Praga, mulți din acești coeficienți conțin erori apreciabile.

Dr. ing. Liscovec a arătat că pierderea de sarcină este minimă pentru o priză având forma unei

Studiul citat anterior pentru forma optimă a prizei a fost făcut pentru cazul acelor prize ce sînt executate în pereții verticali. In încercărilor făcute în laboratorul V. U. V. pentru o hidrocentrală din țara noastră, s-au verificat aceste rezultate pentru cazul mai curent întîlnit în practică, în care priza și grătarul formează o construcție distinctă. In primul rînd, s-a

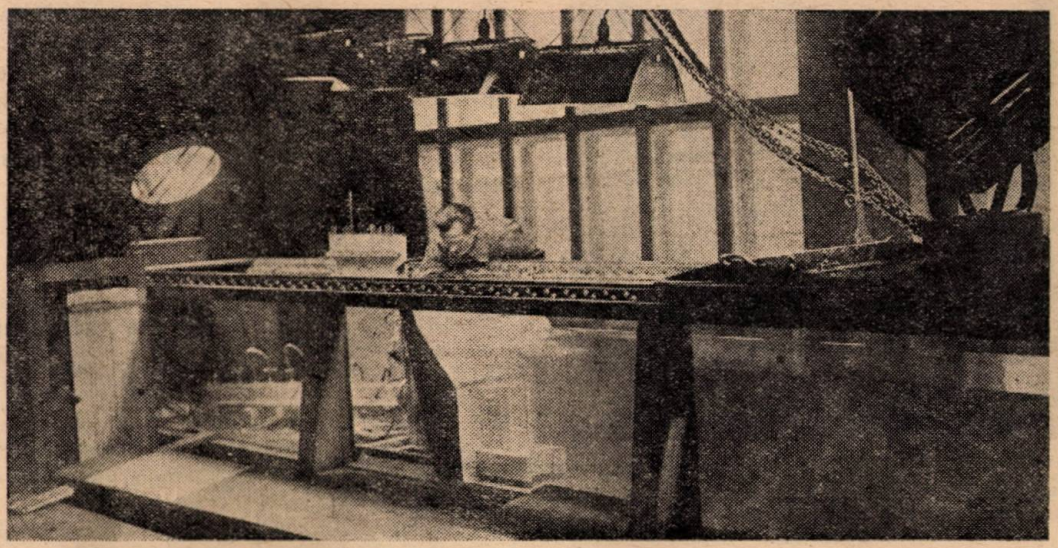


Fig. 8. Vederea de ansamblu a modelului instalat în canalul vitrat pe care s-a făcut studiul unei prize la căderi joase.

vîne de apă ce iese dintr-un orificiu cu muchie ascuțită, formă foarte apropiată de cea a unei strofoide. Modul de construcție al acestei forme este arătat în articolul asupra cavitației citat mai sus. In ceea ce privește coeficienții de pierdere de sarcină, la căderi mari au o valoare apropiată de 0,02, dar se constată o mărire a lor cu micșorarea căderii, ceea ce s-a observat și pe un model făcut pentru o hidrocentrală din țara noatrtă (fig. 8). Pentru a aprecia efectul îmbunătățirii formei trompei prizei asupra reducerii pierderii de sarcină, considerăm o conductă de aducție în care viteza are valoarea relativ mare de 3 m/s și calculăm pentru cele 4 forme de priză din fig. 7 pierderile de sarcină la 2 înălțimi H diferite, ale coloanei de apă deasupra axului și anume $H = 2D$ și $H = 10D$. Așa cum se vede din tabela din figură, la o primă îmbunătățire a formei pierderile scad foarte repede. Continuînd să ameliorăm forma prizei, cîștigul de cădere absolută devine foarte mic, eventual neglijabil la o uzină de cădere mijlocie s-au mare, unde se poate deci lua în considerație adaptarea unei forme mai constructive. La uzinele de joasă cădere nu numai efectul procentual mai mare asupra randamentului [5] ci și problema antrenării aerului pledează pentru menținerea unor forme hidrodimanice [10]. Cercetările descrise mai jos, asupra pierderilor de sarcină la prize au arătat între altele că în condiții egale de nivele și viteze ,prezența grătarului și îmbunătățirea formei trompei au un efect favorabil asupra îndepărtării vortexurilor.

făcut comparația cu cazul peretelui vertical atît în ceea ce privește pierderile de sarcină, cît și repartiția presiunilor (care prezenta interes numai pentru golirile de fund). Deoarece s-a constatat că diferențele sînt neglijabile, s-a cercetat într-o a doua serie de experiențe, influența asupra pierderii de sarcină și asupra repartiției presiunilor a unor modificări sistematice ale formei corpului prizei (cote diverse ale platformei inferioare și racordării la partea superioară). Pentru căderile mari priza era înstalată într-un turn de presiune unde s-au încercat căderi mergînd pînă la 4 m pe model adică 40 diametre, iar pentru căderi joase, într-un canal vitrat care permitea vizualizarea direcțiilor curenților și a pîlniilor de aer. In fotografia din fig. 8 se arată vederea de ansamblu a modelului situat în canalul vitrat, iar în fig. 9 se arată un detaliu al prizei în timpul studiului efectului pantei racordării superioare. S-a putut constata că la nivele amonte joase *singurul element* care avea o influență mai mare asupra pierderii de sarcină era cota platformei grătarului, pe care o vom caracteriza prin distanța H la axul conductei de diametru D. Seria de experiențe a arătat că scoborînd această platformă astfel ca $\frac{H}{D}$ să ia valori crescătoare de la $\frac{H}{D} = 0{,}5$ la 1, pierderea de sarcină crește destul de încet. Pentru $\frac{H}{D} = 1{,}1$ s-a observat o poziție critică la care creștea brusc pierderea de sarcină și se obținea o repartiție

mai defavorabilă a presiunilor. Continuînd să se coboare platforma, pierderile de sarcină se

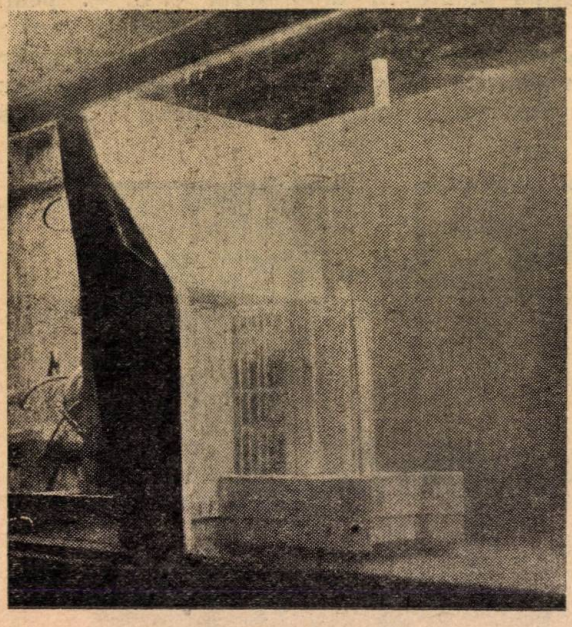


Fig. 9. Verificarea efectului modificării racordării superioare dintre construcţia prizei şi corpul barajului asupra pierderii de sarcină.

micşorează din nou reluînd valoriea iniţială pentru $\frac{H}{D} \geqslant 1{,}4$. S-a observat că la nivele amonte ridicate, variaţia coeficientului pierderilor de sarcină cu cota platformei era mai puţin pronunţată. Pentru celelalte elemente ale corpului prizei, pentru care s-au încercat diverse alternative nu s-a constatat nici o influenţă sensibilă asupra pierderii de sarcină. In cazul aceluiaşi ciclu de încercări, s-au făcut de asemenea încercări orientative prin acoperiri parţiale ale cîmpurilor grătarului, pentru a se vedea dacă amplasarea astupării influenţează mărirea pierderii de sarcină. S-a constatat, că efortul amplasării este neglijabil faţă de cel al suprafeţei obstruate (grătarul era situat la o distanţă destul de mare de intrarea în conductă) [5].

Ultimele încercări descrise permit proiectantului să adopte o simplificare a construcţiei prizelor la centralele de cădere mijlocie şi mare, care se pot realiza mai constructiv decît în fig. 7. De asemenea şi racordarea superioară se putea face mai scurtă şi printr-o suprafaţă plană, aşa că ar fi rezultat pentru aceiaşi producţie de energie o economie de volum de beton şi manoperă.

Bibliografie:

[1] *Cabelka Jaroslav*: Nizkotlakovè vodni electrarny prijezech, Praga, 1950.

[2] *Cabelka Jaroslav*: Vtoky vodnich elektrarni, Bratislava, 1952.

[3] *Krukovski M. A.*: Prinţipî exploataţii hidrotehniceskih sorujeni ghidroelectrostanţi, Leningrad-Moscova, 1951.

[4] *Liskovec Ladislau*: Studie vtoku tlakoveho vypustneho potrubi, Praga, 1950.

[5] *Morozov H. A.*: Utilizarea energiei apelor (trad. din l. rusă), Editura Tehnică, Bucureşti, 1953.

[6] *Novak Pavel*: Kav tace ve vodnim stavitelstvi, Vodni Hospodarstvi, nr. 5/1953, Praga.

[7] *Pavel Dorin* şi *Bălcu*: Problema reducerii preţului de cost al construcţiilor hidrotehnice, Hidrotehnica, nr. 2/1954.

[8] Sliski C. M. Ejecţia v nijnîi bief na sovmeşcenih Ghidroelectrostanţiah, Moscova-Leningrad, 1953.

[9] *Wisner Paul*: Incercări pe model pentru organizarea şantierelor, Hidrotehnica, nr. 12/1952.

[10] V.U.V.: Studiul unei goliri de fund de mare cădere, Praga, 1952 (raport nepublicat).

[11] V.U.V.: Studiul bazinului de liniştire al unei centrale hidroelectrice, Praga, 1953 (raport nepublicat).

★

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ГИДРОЭНЕРГИИ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

Резюме

Из за сложности и трехмерного характера гидравлических явлений, снижение этих потерь можно получить только вследствие испытаний на моделях; эти утверждения подкрепляются примерами из СССР, ЧСР и наших работ. Одновременно гидравлическая лаборатория, позволяет для одинаковых условий работы, выбрать наилучшую конструкцию, реализуя таким образом и непосредственную экономию; это положение основывается на примере исследования в лаборатории формы и конструкции водозаборов напорных водоводов.

PERSPECTIVELE DEZVOLTĂRII CONSUMULUI DE ENERGIE ELECTRICĂ ÎN U. R. S. S.

Pentru acoperirea nevoilor energetice mereu crescînde, în planurile de perspectivă ale Uniunii Sovietice este prevăzută introducerea și extinderea electrificării pe o scară din ce în ce mai mare în diferitele procese de producție și în gospodăria comunală.

Energia electrică fiind un factor de prim ordin în procesele de producție din industrie, agricultură și transporturi, precum și în ridicarea necontenită a nivelului de viață și cultură, problemenele utilizării ei și cele ale legăturii ei cu celelalte forme de energie, formează obiectul preocupărilor energeticienilor sovietici.

In cele ce urmează, vom reda cîteva aspecte de perspectivă în ceea ce privește dezvoltarea consumului de energie electrică în Uniunea Sovietică, în deosebi în industrie și în gospodăria comunală.

1. **Electrochimie și electrotermie.** In industria sovietică, principala tendință în domensiul folosirii industriale a energiei electrice este extinderea domeniului de aplicație a tehnologiei electrice la noi ramuri de bază, la industria oțelurilor speciale, la prelucrarea metalelor și la industria chimică.

Se dă în primul rînd o deosebită atenție proceselor tehnologice a căror desfășurare este legată organic de folosirea energiei electrice fiindcă aceste procese pot fi realizate numai datorită energiei electrice.

Astfel, industria electrochimică, atît cea în care se obțin metalele pure prin electroliza compușilor lor naturali (aluminiul de exemplu) sau prin rafinarea electrolitică a unor metale brute (cum este prepararea cuprului electrolitic) cît și industria chimică de bază, care fabrică produse de primă însemnătate: hidroxid de sodiu, clor, carbonat de sodiu, oxigen, hidrogen etc., cere o alimentare cu energie electrică în cantități din ce în ce mai mari.

In afară de acoperirea nevoilor de energie electrică pentru domeniul din ce în ce mai vast de valorificare electrochimică, dezvoltarea folosirii energiei electrice se face și pe linie electrotermică.

Fără a necesita puteri atît de mari ca industria electrolitică, celelalte ramuri ale electrotehnologiei folosesc totuși energia electrică pe o scară întinsă. Astfel electrotermia sovietică care constituie baza producției metalelor și aliajelor superioare, a oțelurilor aliate etc., folosește energia electrică la cuptoarele electrice pentru fabricarea oțelurilor, carbidului, îngrășămintelor azotate, abrazivelor, de asemeni pentru încălzirea prin inducție în înaltă frecvență, pentru călirea superficială, pentru prelucrearea electrică a metalelor (scînteie electrică, încălzire anodică etc.).

Ponderea specifică a consumului de energie electrică în electrotehnologie, pentru procesele electrochimice și electrotermice, crește mereu și poate fi evaluată, cu largi aproximații, pentru viitorii 10—15 ani la 10—12% din consumul total de energie electrică al Uniunii Sovietice.

Problema consumului energetic în procesele electrotermice, trebuie analizată mai amănunțit fiindcă un examen sumar al ei poate duce la concluzia că electrificarea totală, sau chiar numai una parțială dar avansată, a acestor procese tehnologice n-ar fi destul de justificată din punct de vedere al economiei naționale.

Este adevărat că diversitatea tehnologiei proceselor electrotermice cere condiții variate de alimentare cu energie electrică a industriilor respective. De aceea, în multe cazuri eficacitatea economică a electrificării acestor operații este inferioară celei a alimentării cu gaze.

Aceste dezavantaje reies mai mult în evidență în cazul reconstruirii sau extinderii unor instalații termice existente. In asemenea cazuri, electrificarea cere o înlocuire completă a aparaturii pentru consumul de energie electrică și în primul rînd instalarea de cuptoare electrice noi, în timp ce trecerea de la cărbuni și păcură la introducerea de gaze cere numai modificări în construcția cuptoarelor existente.

Intre considerentele care justifică extinderea electrificării în ramura tehnologică examinată, ocupă însă un loc de frunte un factor care, deși nu se traduce direct în cifre, este totuși unul din cele mai importante elemente. Este vorba de influența agentului energetic asupra calității produsului industrial pentru obținerea căruia este folosit. Intr-o serie de procese importante tehnologice: rafinarea, fabricarea aliajelor etc., calitatea produselor finite depinde foarte mult de agentul energetic utilizat și constituie un factor foarte prețuit. Experiența industriei sovietice arată că pentru atingerea unui nivel înalt de calitate în fabricarea feroaliajelor, a oțelurilor superioare aliate etc., trebuie folosită aproape exclusiv energia electrică.

Aceasta face ca, independent de rentabilitate, să se preconizeze din ce în ce mai mult introducerea energiei electrice în procesele ce au loc la temperaturi înalte și în care utilizarea electricității duce la o ameliorare sensibilă a calității produsului. In celelalte cazuri, electrificarea proceselor termice devine economică în comparație cu

utilizarea gazelor, numai în regiunile alimentate de centrale hidroelectrice de mare putere.

Punerea în funcțiune a marilor uzine hidroelectrice dintre care în curînd și a supercentralei de la Kuibîșev, pe Volga, permite să se considere perspectivele de dezvoltare generală a electrotermiei într-o lumină foarte favorabilă.

2. **Acționarea electrică.** In al doilea grup de utilizări ale energiei electrice, care face obiectul preocupărilor deosebite ale energeticienilor sovietici este cel al necesităților de forță ale economiei naționale a U.R.S.S.

In această privință se pot considera două categorii de utilizări, clasificarea făcîndu-se după mașinile de forță întrebuințate : motoare staționare sau mobile.

Necesitatea extinderii și generalizării rapide a folosirii energiei electrice în procesele de forță *staționare* este în prezent tot atît de evidentă ca și în domeniul electrotermiei.

Față de celelalte moduri de mecanizare a producției, acționarea electrică prezintă avantaje atît în ce privește randamentul cît mai ales volumul de muncă necesar deservirii instalațiilor. In tabela 1, sînt redate comparativ caracteristicile diferitelor moduri de acționare industrială.

Tabela 1

Caracteristicile diferitelor moduri de acționare industrială

Indicele	Acționarea directă cu electromotor	Acționarea prin transmisie	
		de la motorul cu ardere internă	De la mașina de aburi
1. Randamentul inclusiv producerea și transmiterea energiei, % . . .	20—45	15	11
2. Volumul de muncă necesar deservirii circuitului energetic, % . . .	100 (pentru comparație)	250	400

In anii ce au trecut de la Marea Revoluție Socialistă din Octombrie și pînă în prezent, s-a desfășurat în U.R.S.S. o muncă uriașă în domeniul electrificării echipamentului staționar de forță din industrie. Coeficientul de electrificare a industriei care reprezenta 20—30% înainte de 1917, la cifrele absolute mici de atunci, se apropie de 100% la cifrele absolute uriașe ale industriei sovietice de azi.

Dar electrificarea industriei sovietice nu s-a terminat. Extinderea metodelor de producție pe bandă, automatizarea necontenită a proceselor tehnologice etc. duc la o creștere treptată și continuă a utilizării electrice. Concomitent, ca o consecință a perfecționării și raționalizării permanente atît a tehnologiei cît și a construcției de utilaj de forță, se face o economie crescîndă de energie electrică în aceste procese.

Consumul de energie electrică în U.R.S.S. pentru procesele staționare de forță din industrie, agricultură și gospodărie urbană poate fi evaluat în cadrul de perspectivă amintit, la cifrele anuale următoare : în industrie aproximativ 100 miliarde kWh, în agricultură aproximativ 15 miliarde kWh și în sectorul urban aproximativ 5 miliarde kWh.

Folosirea energiei electrice în procesele *mobile* de forță și în primul rînd în mijloacele de transport alimentate cu energie electrică, este mai complicată și întîmpină uneori serioase dificultăți. Una din ele constă în faptul că încă nu se poate folosi transportul electric urban și interurban fără conductorul aerian.

In situația actuală, trebuie să se țină seama și de factorii tehnico-economici ai transportului și distribuției energiei electrice, care depind de gradul de ramificare a rețelei de transport și de măsura în care rețeaua este folosită (sarcina specifică pe unitatea de lungime a rețelei).

Deși în aceste procese mobile, sarcina pe unitatea de lungime a rețelei este mai mică decît în procesele staționare, totuși indicii transportului energiei electrice cresc în valoare absolută astfel încît, la o anumită valoare, utilizarea energiei electrice pentru transport devine mai puțin economică față de alte forme de energie cu care se pot acoperi aceleași nevoi (autobuze, locomotive, tractoare).

Aceste valori limită sînt date de indicii tehnico-economici care arată că electrificarea transporturilor feroviare devine economică numai de la 5 mil. tkm pe km sarcină, iar a transportului urban numai la 7000—10000 călători km pe km sarcină în 24 ore.

Toate aceste considerente au făcut ca încă în primul cincinal postbelic al Uniunii Sovietice să se prevadă electrificarea a 7500 km de cale ferată ; realizările arată că ritmul și distanțele în electrificarea căilor ferate sovietice vor crește și în viitor.

Pentru viitorii 10—15 ani se arată ca necesară o cantitate de 15—20 miliarde kWh pe an pentru căile ferate iar pentru transportul electric urban se poate evalua consumul global de energie electrică la 10—15 miliarde kWh anual pe aceeași perioadă.

In același sector al nevoilor de energie electrică pentru procese mobile de forță, trebuie considerată și trecerea în măsură nai mare la munca pămîntului cu ajutorul tractorului electric. Aceasta ar însemna în planul de perspectivă o creștere importantă a consumului de energie electrică. Extinderea utilizării pe scară largă a tractorului electric este însă legată atît de sporirea producției de tractoare electrice cît și de creșterea treptată a lungimii rețelelor electrice și a ramificării lor.

O perspectivă favorabilă o are utilizarea tractorului electric în zonele agricole electrificate care primesc energie de la marile centrale hidroelectrice, cum sînt de exemplu regiunile din jurul fluviilor Volga, Don, Nipru etc.

3. **Iluminatul.** O altă folosință a energiei electrice de o importanță indiscutabilă este iluminatul electric. Și aci ca și la analiza electrificării tehnologiei la temperaturi înalte, trebuie arătat că nu trebuie considerată rentabilitatea ca

primul indice; rolul iluminatului electric este în primul rînd social, de ridicare a nivelului de trai și de cultură al maselor.

Izvoarele electrice de lumină au apărut înaintea altor aparate consumatoare de energie electrică, fiindcă s-a văzut încă de la V. V. Petrov că se poate obține o iluminare apreciabilă cu puteri electrice mici. De aceea iluminatul electric a fost unul din primele domenii de aplicare a electricității.

Iluminatul electric *prelungește* ziua în regiunile unde iernile sînt îndelungate și cu zile foarte scurte. Se poate astfel munci la lumina electrică și se poate duce o viață culturală și socială de un nivel ridicat, ceea ce cu lampa cu petrol este cu neputință de realizat.

Utilitatea incontestabilă și continua extindere a iluminatului electric determinată de folosirea lesnicioasă, de siguranța, de avantajele igienico-sanitare, de buna funcționare, nu se traduce însă în multe cazuri prin indici tehico-economici favorabili.

Se poate constata ușor că din punct de vedere al prețului de cost al energiei electrice, iluminatul electric poate reveni în unele cazuri mai scump decît cel cu gaze; din punctul de vedere al investițiilor, iluminatul cu petrol este cel mai avantajos. Astfel pentru o colectivitate medie, investițiile în extracția combustibilului, producerea și distribuirea energiei, sînt aproximativ de 2 ori mai mari la iluminatul electric cu energia produsă în centralele termoelectrice (CTE) decît la iluminatul cu lămpi de petrol.

In problema iluminatului public din U.R.S.S., tehnicienii gospodăriei comunale și în special Institutul de gospodărie comunală „K. D. Pamfilov" au adus raționalizări importante. Urmărindu-se armonizarea intereselor urbanistice cu cele economice, s-au realizat metode noi perfecționate, pentru comanda centralizată a iluminatului străzilor, s-a mărit iluminarea deși aceasta cere o creștere a consumului de energie electrică și scumpește deci exploatarea iluminatului, s-a mărit numărul de lămpi electrice pe km, deși astfel se măresc investițiile etc.

Normele GOST pentru iluminarea străzilor prescriu valori minime de iluminare, în funcție de intensitatea circulației vehiculelor; sînt însă străzi cu circulație de vehicule mai mică, dar cu o intensă circulație a pietonilor, cu magazine mari, etc. Aceste străzi trebuind să fie și ele bine iluminate, au fost stabilite în U .R.S.S. norme legate de *categoria* străzii adică de importanța ei pentru orașul respectiv.

Consumul de energie electrică este în funcție de numărul și puterea lămpilor precum și de numărul anual de ore de funcționare a acestora. Teritoriul vast al Uniunii Sovietice aflîndu-se cuprins între latitudini geografice foarte diferite, se poate stabili consumul în funcție de latitudine, așa cum reiese din tabela 2.

Reiese evident că și în materie de iluminat, există în U.R.S.S. permanenta grijă de om, de nevoile lui igienice, sanitare și sociale, de ridicarea nivelului de viață și cultură, care sînt înlesnite prin iluminatul electric. A considera deci utilizarea energiei electrice numai din punctul de vedere al eficacității economice constituie o mare greșeală.

Tabela 2

Variația orelor de iluminare cu latitudinea

Latitudinea geografică	40°	45°	50°	55°	60°	65°
Numărul total anual de ore de funcționare a iluminatului	4005	3982	3841	3632	3380	3186
Numărul de ore de funcționare a unei părți din lămpi (iluminatul de noapte)	2303	2357	2286	2186	2034	1870

In Uniunea Sovietică — și după exemplul și cu ajutorul ei și în țările de democrație populară — consumul de energie electrică pentru iluminat crește necontenit. Ținînd seama de dinamica creșterii populației în U.R.S.S., se poate evalua pentru anii de perspectivă menționați, consumul de energie electrică pentru iluminatul localităților și caselor la 25—30 miliarde kWh anual, iar dacă se ia în considerare și consumul de energie electrică pentru iluminatul industrial va atinge de sigur cifre de ordinul 45—55 miliarde kWh anual.

Rezumînd cele trei categorii de folosință ale energiei electrice în U.R.S.S. examinate pînă acum și însumînd evaluările orientative făcute de diferiți cercetători, se ajunge la concluzia că în perspectiva arătată, consumul de energie electrică va atinge următoarele valori anuale:

— electrotehnologie (electrochimie, electrotermie) . . . . . 15—30 miliarde kWh
— forță motrice electrică (mașini staționare și mobile) . . . . . 140—155 „ „
— iluminatul (inclusiv cel industrial) . . . . . 45—55 „ „

4. Nevoile casnice și comunale. In afara iluminatului electric o altă folosire a energiei electrice, cu un rol care egalează pe cel al iluminatului, din punctul de vedere al ridicării nivelului de viață material, este acoperirea cu energie electrică a nevoilor casnice și ale gospodăriei comunale. In mod convențional, consumul pentru aceste nevoi se încadrează în procesele ce au loc la o temperatură ridicată deși temperaturile necesare acestei categorii de operații sînt de valori destul de joase: 120 — 150°C pentru fierberea alimentelor și conservelor și 200—250°C pentru coacerea și frigerea unora din ele.

Desigur că randamentul energiei electrice în aceste operații este mai mic decît în procesele electrotermice industriale și că ele pot fi cu înlesnire efectuate cu ajutorul aparatelor alimentate cu lemne, petrol, gaze etc.

Totuși problema unei alimentări moderne și raționale cu energie electrică a acestei categorii de operații, în gospodăriile individuale și comunale este una din cele mai importante din complexul problemelor alimentării cu energie a orașelor. Ea face parte din categoria problemelor legate de ridicarea nivelului de trai al maselor.

Electrificarea operațiilor casnice exercită o

influenţă favorabilă asupra stării igienice şi sanitare a locuinţelor. De asemenea, volumul mare de muncă pentru scopurile casnico-comunale este realizat mai cu uşurinţă şi în mai bune condiţii de securitate şi de bună funcţionare a aparatelor, dacă se foloseşte energie electrică.

De aceea problema electrificării acestor operaţii casnico-comunale nu se pune numai la proiectarea oraşelor noi, ci şi la construirea de cartiere noi. In afară de aceasta, există o permanentă preocupare de extinderea utilizării casnice a energiei electrice şi în cartierele vechi; aceasta cere în clădirile vechi fie instalarea unei reţele noi, fie întărirea celei existente care a servit de exemplu numai la luminat.

Indicii tehnico-economici sînt mai favorabili în clădirile noi. In general în cartierele cu construcţii existente, instalaţia reţelelor electrice este cu 25—35% mai scumpă decît în cartierele cu construcţii noi.

Electrificarea este mai avantajoasă în cartierele noi ale oraşelor existente şi în oraşele-şantier ale marilor lucrări de electrificare datorită şi faptului că investiţiile în echipamentul de producere a energiei electrice necesare pentru acoperirea sarcinilor casnice-comunale nu au ponderea specifică prea mare în procesul de producere a energiei electrice şi că aceste investiţii pot fi eşalonate cu uşurinţă în timp.

Experienţa sovietică arată că electrificarea proceselor casnice şi comunale este raţională în oraşele şi în raioanele a căror alimentare cu energie electrică se bazează fie în întregime pe CET şi CHE, fie pe sisteme mixte în care producţia CET şi CHE este precumpănitoare în balanţa generală a producţie de energie electrică: acesta este cazul în Transcaucazia, în raionul Irkuţk-Ceremhovo, în majoritatea regiunilor din Asia Centrală, în regiunea Murmansk şi în multe oraşe din diferite alte raioane din U.R.S.S.

In afară de toate acestea, trebuie să se mai ţină seama şi de faptul că, prin utilizarea energiei electrice pentru necesităţile casnice şi comunale, se economiseşte o mare cantitate de derivate de petrol (lampant, benzină grea, combustibil lichid pe bază de păcură pentru injectoare etc), care pot fi valorificate mai bine pe altă cale.

Comparînd gazele (metan, gaze de sondă, gaze de cocserie, gaze lichefiabile) cu energia electrică, în sectorul acoperirii nevoilor casnico-comunale, apare evident avantajul întrebuinţării energiei electrice: deservirea lesnicioasă a aparatelor, economia de timp în preparare, menţinerea locuinţei într-o stare igienică mai bună, lipsa gazelor de ardere, a fumului şi mirosului, funcţionarea fără primejdie de incendiu sau de accidente personale etc.

Problema trebuie însă privită şi din punctul de vedere al indicilor tehnico-economici legaţi de modul diferit de producere a energiei electrice şi a gazelor combustibile. In adevăr, calculul arată că eficacitatea energetică şi economică a ambelor metode de alimentare cu energie a sectorului casnico-comunal, depinde foarte mult de condiţiile de obţinere a gazelor şi energiei electrice.

Din cele expuse, reiese că problema satisfacerii cu energie a acestor necesităţi casnice şi comunale nu poate fi deocamdată elucidată după o metodă generală; soluţiile trebuie examinate de la caz la caz, în complexul alimentării generale cu energie a localităţii respective.

In aceste cazuri, trebuie avută în vedere posibilitatea largă oferită, în Uniunea Sovietică, de termoficare. In afară de economia de combustibil ce se realizează prin producerea combinată a energiei electrice şi energiei termice necesare alimentării urbane, termoficarea constituie şi un mijloc eficace de modificare a structurii consumului de combustibil, pe linia unei juste politici energetice de ardere a combustibilului inferior şi de economisire a celui superior.

Trebuie avută de asemenea în vedere ponderea din ce în ce mai mare a energiei electrice produsă de supercentralele hidroelectrice cum şi dezvoltarea posibilităţii de folosire a energiei atomice pentru producerea de energie alectrică.

5. Concluzii. Concluziile principale, la care se ajunge în legătură cu dezvoltarea consumului de energie electrică în U.R.S.S. în viitorii 10—15 ani, se pot schematiza astfel:

— Trebuie să fie acoperite complet nevoile proceselor electrochimice, electrotermice şi îndeosebi acele unde este nevoie de a se realiza o calitate superioară a produselor.

— Trebuie acoperite complet nevoile de forţă staţionară şi de iluminat casnic şi industrial; procesele de forţă mobile trebuie să fie satisfăcute în mod progresiv, pe măsura justificării lor prin indici economici.

— Procesele termice în gospodăria casnică şi comunală vor fi alimentate în întregime cu energie electrică în mod raţional în raioanele în care producerea acestei energii este asigurată de CHE şi CET şi parţial în acele raioane unde există de asemenea premize economice favorabile.

— Dat fiind ritmul de dezvoltare a electrificării în U.R.S.S., se conturează de pe acum premizele pentru ca, în perioada de perspectivă de 10—15 ani, considerată în expunerea de faţă, folosirea energiei atomice să ducă problema alimentării cu energie la un înalt grad de dezvoltare aducînd în această privinţă noi puncte de vedere, atît în tehnică cît şi în economie.

Conf. Dr. S. Bainglass

Bibliografie:

Academia de Gospodărie Comunală „K. D. Pamfilov": Energetica Comunală (culegere) Editura Ministerului Gospodăriilor Comunale al U.R.S.S.. Moscova, 1949.

M. B. Lebedev: Iluminatul străzilor în oraşe şi sate (traducere). Editura Energetică de Stat, 1953.

L. A. Melentiev: Termoficarea (traducere). Editura Energetică de Stat, 1953.

I. D. Stăncescu: Termoficarea urbană. Energetica, nr. 1—2/1953; Energetica—Hidrotehnica, nr. 9—10/1954.

E. O. Sieingauz: Problemele alimentării cu energie în proiectarea oraşelor, Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1952 (traducere E.E.S., 1954).

METODE DE REGLAJ FRECVENȚĂ-PUTERE IN SISTEME ENERGETICE INTERCONECTATE

Ing. I. HERESCU

Incepînd cu acest număr, se introduce o rubrică nouă în această revistă, menită să contribuie la completarea și adîncirea formării profesionale a noilor cadre de specialitatea energetică și hidrotehnică.

In noua rubrică se vor publica articole tratînd atît probleme de ansamblu, cît și probleme specifice, din cele 2 sectoare, însă astfel alese și concepute încît să constituie expuneri competente și la zi a preocupărilor și tendințelor celor mai actuale din domeniile respective.

Pentru a-și atinge scopul, articolele trebuie să acopere nu numai domeniul pur tehnic al sectoarelor ce intră aci în considerare, ci trebuie să trateze și toate problemele economice și organizatorice mai importante. In ceea ce privește tratarea, ea trebuie făcută la un nivel care să corespundă necesităților practice imediate ale cadrelor ce intră acum în producție sau care în stadiul inițial al muncii lor pe teren pot fi mult ajutate prin prezentarea succintă, judicioasă și competentă a problemelor esențiale din domeniul lor de activitate.

Publicarea articolelor nu se va face în într'o ordine didactică, ci în măsura posibilității de pregătire, a importanței și interesului materialului respectiv. Cu timpul și cu concursul celor mai buni specialiști din diferitele domenii, pe care redacția îi solicită și pe această cale, acest material trebuie să ajungă să constituie un tot închegat, interesant și reprezentativ și care să includă cele mai actuale preocupări energetice și hidrotehnice, în felul și măsura în care poate servi cel mai bine scopului aci anunțat.

REDACȚIA

Complexitatea reglajului frecvență-putere crescînd odată cu interconectarea sistemelor energetice, se pune acut problema unei automatizări avansate; în legătură cu aceasta sînt expuse diferitele sisteme utilizate mai frecvent: reglajul continuu, primar, combinat, „șef de orchestră" etc. Se arată posibilitatea construirii de regulatoare cu acțiune primară, a căror caracteristică de funcționare să fie o curbă prestabilită.

Necesitatea reglajului continuu al frecvenței și deci al puterii active într-un sistem energetic derivă în mod natural din necesitatea menținerii frecvenței constante. La consumatori toate mașinile utile care sînt alimentate electric sînt astfel construite încît au randamentul maxim la viteza de rotație nominală, care la rîndul ei nu poate fi menținută dacă frecvența rețelei electrice de alimentare nu este menținută constantă.

La producerea și transportul energiei electrice reglarea frecvenței la valoarea nominală este cerută de :

a) funcționarea optimă a serviciilor auxiliare ale centralelor, care sînt alimentate electric (pompe, ventilatoare, etc.) ;

b) limitarea consumului de energie reactivă în sistem, căci este cunoscut faptul că acest consum crește dacă frecvența scade sub cea nominală ;

c) necesitatea menținerii unui echilibru stabil de funcționare și în reparația optimă a sarcinii pe grupurile generatoare care funcționează în paralel.

d) limitarea creșterii pierderilor în rețele, care variază aproximativ proporțional cu pătratul frecvenței.

In sistemele energetice trebuie să se producă exact puterea cerută la consum. Aceasta implică o repartiție optimă a sarcinii pe grupurile funcționînd în paralel, cu respectarea continuă a celor două condiții de calitate a producției de energie electrică : tensiune constantă și frecvență constantă.

Stabilitatea sistemului interconectat se asigură în primul rînd prin reglaj continuu corespunzător păstrării acestor condițiuni de calitate, adică prin reglajul frecvenței.

Scopul principal al reglajului frecvenței în sistemele energetice este asigurarea funcționării economice a centralelor, care nu poate fi obținută fără menținerea frecvenței la valoarea nominală și fără distribuția concomitentă cea mai avantajoasă a sarcinii pe grupurile și centralele sistemului energetic, care funcționează în paralel.

Pe măsură ce sistemele energetice sînt interconectate prin linii lungi de transport de energie, problema reglajului frecvenței crește în complexitate și apare din ce în ce mai necesară automatizarea acestui proces de reglaj.

Cu deosebire, în cazurile de deranjamente care pot surveni în sistemele interconectate și care produc variații mari ale frecvenței și puterii, reglajul frecvenței trebuie executat cu mare atenție și promptitudine, pentruca în cît mai scurt timp posibil să se reasigure echilibrul și stabilitatea sistemului interconectat. Variațiile brusce și puternice ale puterii și frecvenței în sistemele electrice mari interconectate, cauzate de întreruperi ale unor linii de transport avariate, ale unor consumatori importanți, ale unor grupuri generatoare, sau chiar ale unora din centralele electrice care debitau în sistemele respective, pot avea ca urmare, dacă nu se asigură rapid reglajul frecvenței, deranjamente de sistem, cu întreruperi de alimentare de durate mai mult sau mai puțin importante.

Intr-un sistem energetic interconectat, cu o frecvență normală de 50 p/s, aceasta nu poate avea variațiuni mai mari de $\pm$ 0,5 p/s. Funcționarea cu o frecvență înafara acestor limite poate provoca deranjamente în turbine, nu asigură regim de lucru normal și stabil consumatorilor și mărește pierderile de putere în sistem.

Posturile centrale de dispecing au rolul și posibilitatea ca, prin mijloacele de telemăsură, telecomunicații și telecomandă de care dispun, să urmărească continuu variațiile frecvenței și puterilor în fiecare sector, cît și în sistemele interconectate pe care le supraveghează, în funcționarea normală și în cazuri de perturbații, și să comande manevrele de executat, prin telecomenzi, sau prin organele din camerele de comenzi ce le sînt subordonate, pentru : a se efectua o repartiție optimă a sarcinii (pe centrale, pe

grupuri), a se efectua în mod normal schimburile de puteri în punctele stabilite, sau pentru a se limita, prin deschiderea unor anumite întrerupătoare, propagarea efectelor unui deranjament apărut într-un anumit sector, sau sistem.

Postului central de dispecing nu i se poate însă atribui sarcina efectuării reglajului continuu al frecvenţei, a cărui complexitate nu poate fi concentrată într-un singur punct, sau la o singură persoană.

Grija principală a dispecerului central trebuie să fie asigurarea rezervelor necesare, la diversele ore ale zilei, în funcţie de curba de sarcină prevăzută, pentru a se putea face faţă oricînd unei cereri de putere, previzibilă, sau în cazuri de deranjamente.

In cazuri de perturbaţii în sistemele interconectate pendulările joacă un rol important şi au tendinţa să amplifice deranjamentul. In aceste cazuri, de obicei configuraţia sistemului se schimbă, datorită declanşărilor diferitelor întrerupătoare. In conformaţiile noi pendulările se produc, în majoritatea cazurilor, atunci cînd printr-o linie se transportă o putere activă prea mare în raport cu tensiunea de serviciu şi impedanţa liniei, sau reglajul frecvenţei se face cu întîrziere. Unghiul între roţile polare ale centralelor între care se produc pendulările creşte din ce în ce mai mult şi atunci cînd alunecarea trece de o anumită limită este necesar să se separe în două sistemul care pînă atunci funcţiona interconectat. Dispecerul care dispune separarea trebuie să fie sigur că în acel moment fiecare din cele două sectoare separate ale sistemului este capabil să-şi facă echilibrul între producţie şi consum.

Trebuie să intervină în aceste cazuri rezervele de putere în fiecare din sistemele acum independente. Reglajul frecvenţei în fiecare din sectoare trebuie făcut de urgenţă, în noile condiţiuni, pînă ce se asigură stabilitatea fiecărui sistem, şi se înlătură cauza deranjamentului, pentru a se putea reface apoi interconexiunea.

Metode de reglaj

Reglajul frecvenţei şi puterii bazat pe regulatoarele maşinilor primare şi comandă manuală în camerele de comandă ale centralelor electrice nu poate fi socotit satisfăcător decît în interconexiunile relativ simple, fără linii lungi de transport şi cu număr mic de grupuri generatoare.

Pe măsura amplificării interconexiunilor însă, problema a căpătat soluţii noi şi variate, ajungîndu-se la reglajul combinat automat.

Reglajul executat în condiţiuni normale de exploatare, şi în timp relativ lung, cînd variaţiile puterii şi frecvenţei sînt lente, necesită numai atenţie din partea personalului de exploatare şi nu ridică probleme greu de rezolvat. Dar reglajul în sistemele complexe, în special în cazuri de variaţiuni brusce ale frecvenţei şi puterii, necesită aparataje corespunzătoare cu funcţionare automată.

Pentru a se realiza distribuţia optimă a sarcinii pe grupuri şi pe centrale termoelectrice la frecvenţa nominală a reţelei, este necesar să se cunoască consumul specific de căldură şi abur, în funcţie de sarcină, al fiecărui grup şi al fiecărei centrale.

Odată făcută această distribuţie ea nu se păstrează însă aceeaşi, deoarece regulatoarele de viteză ale turbinelor de abur (şi vorbim de ele pentrucă majoritatea producţiei se bazează în etapa actuală pe turbine de abur) au caracteristici statice care fac ca la fiecare variaţie a puterii cerute de reţele şi a frecvenţei, reglajul să se modifice simultan pe toate grupurile care acoperă sarcina cerută. Cum fiecare cazan şi turbină are caracteristici proprii de reglaj şi consumuri specifice deosebite, repartiţia plusului de putere cerut de reţea nu se face proporţional cu puterile unitare pe grupurile în funcţiune — şi sistemul nu va mai funcţiona în regimul optim, dacă nu se intervine asupra reglajului.

Automatizarea acestui proces de reglaj a făcut obiectul a numeroase studii şi cercetări care au condus la stabilirea mai multor metode de lucru, din care principalele sînt următoarele:

1. metoda caracteristicilor statice;
2. metoda caracteristicilor astatice;
3. metoda cu generator pilot, sau cu „şef de orchestră";
4. metoda de reglaj simultan după caracteristici statice şi astatice;
5. metoda de reglaj cu blocaj de putere, sau după caracteristica reţelei, aşa numitul reglaj „frecvenţă-putere";
6. metoda combinată „şef de orchestră" cu reglaj continuu (o variantă a reglajului frecvenţă-putere);
7. reglajul primar, asupra regulatoarelor mecanice ale grupurilor generatoare pentru obţinerea unei caracteristici ca la punctele 5 şi 6.

Oricare din metodele de reglaj trebuie să asigure menţinerea frecvenţei la o valoare dată, indiferent de sarcina repartizată pe grupuri, de numărul grupurilor sau centralelor care reglează frecvenţa şi de mărimea şi durata variaţiei frecvenţei.

Metoda de reglare trebuie să asigure de asemenea menţinerea unui raport dat între sarcinile pe grupurile generatoare care participă la procesul de reglaj şi simultaneitatea intrării în procesul de reglaj a tuturor grupurilor care reglează frecvenţa.

Parametrul principal al reglajului prin regulatoarele mecanice este coeficientul de statism (sau gradul de statism) care determină variaţia frecvenţei în funcţie de sarcină:

$$s = \frac{f_0 - f_n}{P_n} = \operatorname{tg} \alpha$$

unde:

f_0 este frecvenţa la mers în gol;
f_n — frecvenţa la sarcina nominală;
P_n — sarcina nominală.

Pentru caracteristica de reglare astatică, în care valoarea frecvenţei nu depinde de sarcină (fig. 1), coeficientul de statism este nul.

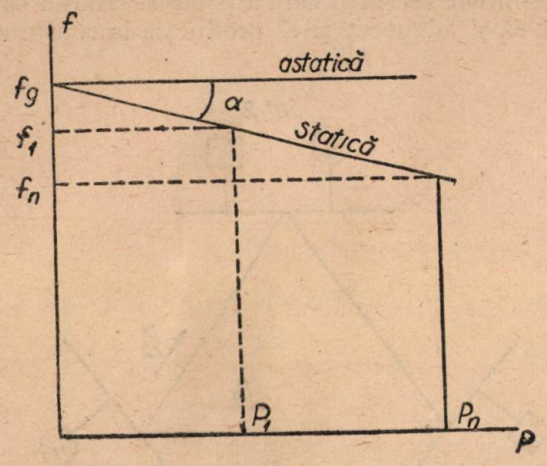


Fig. 1.

Metoda caracteristicilor statice este cea în care frecvenţa se reglează cu ajutorul tuturor grupurilor generatoare ale unei interconexiuni şi acestea au regulatoare de viteză cu caracteristici statice.

Metoda caracteristicii astatice este cea în care numai un generator este prevăzut cu regulator de viteză cu caracteristică astatică. Se poate folosi numai în sistemele energetice de putere mică în care reglajul frecvenţei se poate asigura şi cu un singur grup.

In metoda cu generator pilot sau centrală pilot reglarea frecvenţei se face cu cîteva grupuri ale unei singure centrale, cea care reglează deci frecvenţa, denumită pilot sau „şef de orchestră", celelalte reglînd numai puterea.

In metoda de reglaj simultan după caracteristicele astatică şi statică, în sistemul interconectat se aleg două centrale de reglaj, din care una funcţionează după o caracteristică astatică, iar cealaltă după o caracteristică statică, cu un coeficient mic de statism. La variaţii mici ale sarcinii, toate oscilaţiile de sarcină vor fi preluate de centrala cu caracteristică astatică. In acest caz centrala care reglează după caracteristica statică va participa la reglaj numai în regim tranzitoriu, limitînd variaţiile mari de frecvenţă. Centrala 2 intervine în reglaj numai după ce domeniul de reglaj al centralei 1 a fost depăşit. Cît timp frecvenţa este reglată de centrala 1 sarcinile pe centralele de bază vor rămîne neschimbate. Cînd şi centrala 2 intervine în reglaj, sarcinile pe centralele de bază nu vor mai fi cele economice.

Sînt evidente dezavantajele metodelor amintite mai sus; ele nu se pot folosi decît în sisteme energetice în care intră în joc puteri relativ mici.

In sistemele complexe, în care capacitatea de transport a liniilor de interconexiune este limitată de condiţiile de stabilitate a funcţionării în paralel, se pot folosi metodele de la punctele 5—7 de mai sus, adică sistemele de reglaj „frecvenţă-putere".

Reglajul separat al frecvenţei şi puterii s-a dovedit practic că prezintă inconveniente mari, deoarece comportă reglaje multe, unele inutile şi uneori chiar în sens contrar decît cel necesar, care prelungesc procesul de reglaj la infinit, nu asigură stabilitate în sistem şi pot provoca pendulări. Inconvenientele acestui sistem pot fi înlăturate, sau în orice caz foarte mult reduse, prin folosirea reglajului combinat automat frecvenţă-putere.

In fig. 2 este reprezentat un sistem complex interconectat format din 5 sectoare regionale (cu surse şi consumatori figuraţi prin literele G şi C). Schimburile de puteri (P) sînt figurate prin săgeţi şi sînt fixate, pe bază de program, în funcţie de disponibilităţile de putere din fiecare sector. Puterile P debitate de generatoarele din fiecare sector variază desigur în funcţie de cererile consumatorilor din fiecare sector şi de menţinerea constantă a puterii la punctele de interconexiune; frecvenţa în sistem trebuie să fie ţinută constantă. Pentru a se obţine acest rezultat trebuie ca fiecare sector să fie înzestrat cu un aparataj de reglaj frecvenţă-putere capabil fie să deosebească, pentru fiecare sector, dacă variaţiile de putere sînt de origină internă sau externă sectorului şi să comande reglajul numai în cazul cînd solicitarea vine din sectorul propriu, fie să comande reglajul astfel încît puterile în punctele de schimb să fie variabile şi sectoarele să se ajute în permanenţă reciproc. In primul caz centrala G_1 de exemplu trebuie să acopere cererea consumatorilor proprii C_1 alimentaţi în sectorul (1) şi puterile de schimb P_a şi P_b, fixe, sau variabile după un program, ce le debitează în sectoarele (2) şi (3). Acelaşi lucru se va petrece în fiecare din celelalte 4 sectoare.

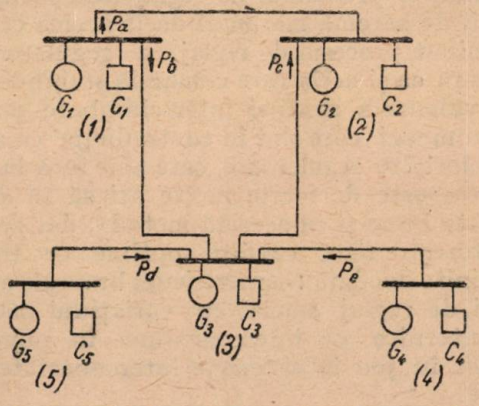


Fig. 2. Sistem interconectat cu 5 sectoare regionale.

Puterile variază în funcţie de cererile consumatorilor, dar dacă fiecare sector reacţionează prompt la toate variaţiunile de putere şi frecvenţă provenind din sectorul respectiv, menţinînd frecvenţa la o valoare prescrisă, puterile interschimbate vor fi deasemeni ţinute la valorile prescrise şi va fi asigurată stabilitatea în funcţionarea normală. Aceasta este metoda de reglaj

cu blocaj de putere, sau după caracteristica rețelei.

Reglajul frecvență-putere astfel stabilit lucrează numai dacă variația provine din sectorul propriu ; astfel se menține echilibrul. Aparatajul de reglaj frecvență-putere lucrează în acest caz făcînd o comparație continuă între sensul de variație a frecvenței (mărime comună în întregul sistem) și puterea pe liniile de interconexiune. Această comparație poate însă fi făcută în două feluri diferite, corespunzînd : unul reglajului zis „discontinuu", celălalt unui reglaj zis „continuu". Acționînd asupra servomotoarelor de reglaj cu presiune de ulei, se pot deplasa caracteristicile de reglaj paralel cu ele însile și se poate obține astfel distribuția de sarcină voită, la frecvența stabilită a sistemului.

Pentru executarea reglajului automat frecvență-putere se întrebuințează aparate de reglaj automate care acționează asupra servomotoarelor de schimbare a vitezei. Ele au misiunea de a readuce la valorile nominale frecvența și puterea, în cazul unor variații ale acestor valori, cauzate de o variație de consum. Se înțelege că, după restabilirea situației normale, va fi deplasată numai caracteristica acelui regulator care aparține sectorului în care s-a produs variația de sarcină, în timp ce toate celelalte regulatoare se întorc la pozițiile inițiale, la sfîrșitul operației de reglaj.

In timpul procesului de reglaj însă pot apărea variații de sarcină mai mari decît acelea care au determinat procesul de reglaj, și regulatorul de frecvență ca și acela care comandă stabilirea la o nouă valoare a sarcinei interschimbate pot ordona comenzi care sînt în contradicție cu acțiunile celorlalte regulatoare, care sînt încă în curs.

Se reușește de foarte multe ori să se obțină rezultate bune și cu această metodă, dar aceasta se datorește unor condiții optime ce trebuie îndeplinite deodată : caracteristici bune ale aparatajului de reglaj, sarcini cu variațiuni mici, și linii puternice de interconexiune în raport cu puterile în joc în sistemele interconectate respective.

O îmbunătățire practică a acestei metode se obține prin părăsirea condiției stricte de constanță a puterii intereschimbate în punctele de interconexiune între sisteme. Centralele care mențin puterea primesc sarcina de a o menține la valoarea programată numai la frecvența nominală a rețelei și a o varia la o frecvență schimbată, în sensul unei restabiliri a valorii nominale a frecvenței. Asta înseamnă că sarcina debitată într-un sector interconectat va fi mărită la o scădere a frecvenței și micșorată la creșterea acesteia, respectiv sarcina va fi micșorată la frecvență în scădere și mărită la frecvență în creștere. Se urmărește în acest fel numai menținerea frecvenței constante în sistem.

Reglajul frecvență-putere după caracteristica rețelei, sau prin metoda reglajului cu blocaj de putere

Un sistem mult întrebuințat este acela în care toate centralele care participă la acoperirea sarcinei într-un sistem energetic contribuie, în cazul unei perturbații a echilibrului între producție și consum, la restabilirea situației și concomitent sectorul care a produs variația este ținut să-și adapteze și el producția la consumul

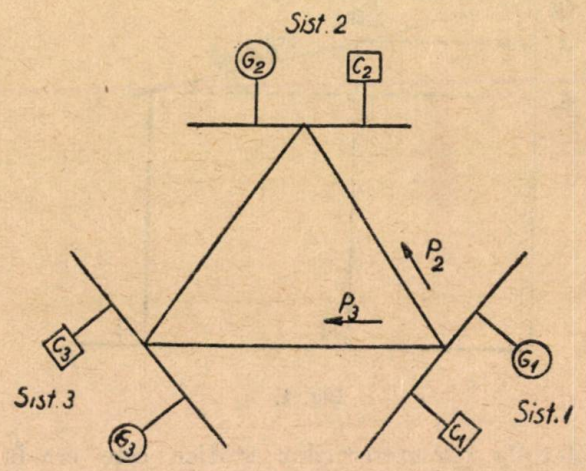


Fig. 3. Funcționarea în paralel a trei sisteme energetice.

nou schimbat. Aceasta se poate realiza dacă în fiecare centrală turbinele sînt influențate de o caracteristică de rețea, înafară de caracteristica proprie de reglaj, cu ajutorul unui regulator electric de frecvență-putere. Acest regulator are misiunea de a stabili un criteriu care permite o determinare a locului în care s-a produs variația sarcinii (interior sau exterior sistemului) și a obține astfel o anumită selectivitate pentru reglajul puterii în sistem. O centrală alimentează consumatorii ei cu puterea C_1 (fig. 3) și debitează în același timp sarcinile P_2 și P_3 în sistemul interconectat. Dacă se stabilește variația corespunzătoare a frecvenței Δf și a puterii de schimb ΔP, se vede că la un defect în interiorul sistemului aceste două valori au același sens și la un defect exterior un sens contrar :

	C	P	f_0
Defecțiune interioară în sistemul regional I	crește	$-\Delta P$	$-\Delta f$
	scade	$+\Delta P$	$+\Delta f$
Defecțiune exterioară în sistemul regional I	practic neschimb.	$-\Delta P$	$+\Delta f$
		$+\Delta P$	$-\Delta f$

Realizarea unui astfel de reglaj se poate asigura și fără intervenții asupra dispozitivelor de reglaj ale turbinelor, cu ajutorul unui regulator de frecvență cu impulsuri și a unui regulator de putere cu impulsuri, ale căror contacte de comandă sînt legate în serie pentru fiecare din cele două sensuri de rotație a motorașului care comandă viteza. Se înțelege că acesta poate fi acționat numai dacă deviațiile celor două regulatoare se fac într-un anumit sens.

Acest sistem a fost îmbunătățit în sensul că diferențierea cererii de putere se face nu numai din punctul de vedere al locului în care se pro-

duce (interior sau exterior sistemului regional), ci şi din punct de vedere cantitativ.

În sistemul interconectat din fig. 3 se vede că la un defect exterior cauzator de o coborîre a

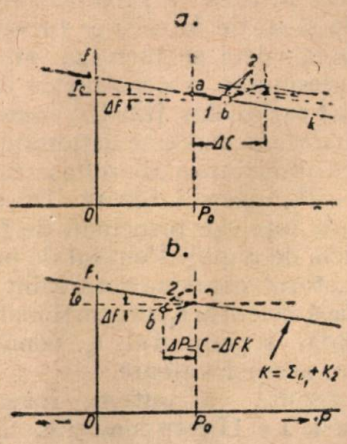


Fig. 4. Reglajul după caracteristica reţelei.

frecvenţei, creşterea puterii debitate de centrala unui sector regional va fi condiţionată de caracteristica ei, respectiv de statismul regulatoarelor turbinelor.

Hotărîtor pentru regulatorul cu caracteristică de reţea, care trebuie să asigure funcţionarea selectivă arătată, este fără îndoială statismul rezultant al tuturor grupurilor generatoare care funcţionează în paralel. Dacă se scrie pentru fiecare grup generator :

$$k = \frac{\Delta P}{\Delta f}$$

care este *variaţia puterii pe perioadă*, factorul rezultant al unei centrale este suma tuturor valorilor unitare, adică

$$K = k_1 + k_2 + k_3 + \ldots\ldots$$

Dacă se alege caracteristica regulatorului astfel încît caracteristica lui de reglaj de putere să corespundă sumei grupurilor care debitează în reţeaua respectivă, se ajunge la posibilitatea de a se cunoaşte criteriul pentru deosebirea perturbaţiilor exterioare şi interioare sectorului regional nu numai din punct de vedere calitativ, ci şi cantitativ. Aceasta înseamnă că la o perturbaţie exterioară, de exemplu, care produce o scădere a frecvenţei, regulatorul cu blocaj de putere va rămîne în echilibru, căci el urmăreşte creşterea puterii produse, atunci cînd regulatoarele turbinelor funcţionează normal.

Dacă însă perturbaţia a apărut în reţeaua proprie, echilibrul său va fi stricat, punctul lui de funcţionare ajungînd înafara liniei de reglaj frecvenţă-putere (vezi fig. 4 *a* şi 4 *b*).

Criteriul urmărit de regulatorul cu caracteristică de reţea este complet însă numai atunci cînd poate fi sezisată şi variaţia puterii în funcţie de frecvenţă în reţeaua proprie. In fig. 4*a* şi 4*b* se presupune că centrala debitează în reţeaua interconectată sarcina P_0 la frecvenţa f_0 şi deci a fost reglat punctul *a* la regulatorul cu caracteristică de reţea. Să presupunem că sarcina proprie a sectorului I creşte cu $\triangle C$. Din cauză că scăderea de frecvenţă produsă de această creştere de sarcină este mică şi deci regulatoarele mecanice ale turbinelor comandă o mărire cu puţin a admisiunii, punctul de funcţionare trece din *a* în *b* (1).

Regulatorul frecvenţă-putere constată deviaţia corespunzătoare punctului *b* şi comandă, prin schimbarea vitezei, deplasarea statismului propriu (2), pînă ce *b* corespunde din nou cu *a* din fig. 4*b*.

Cînd începe scăderea frecvenţei, regulatoarele turbinelor măresc admisiunea, conform caracteristicilor lor. Acestui proces i se suprapune acela al variaţiei vitezei, ca proces de reglaj secundar. Regulatorul frecvenţă-putere produce deci prin comanda servomotoarelor o deplasare a dreptei viteză-putere (2 din fig, 4*a*), care este paralelă cu caracteristica de reţea, atîta timp cît noul punct de funcţionare al centralei cade pe dreapta de funcţionare a regulatorului cu caracteristică de reţea. Acesta este cazul cînd centrala a acoperit complet variaţia de sarcină produsă în sectorul ei. Prin aceasta celelalte centrale interconectate

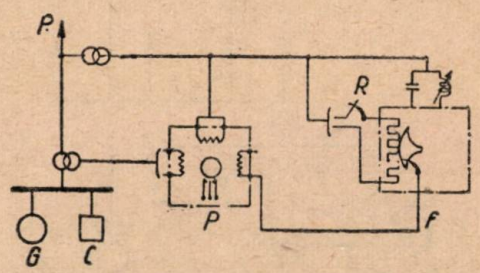


Fig. 5. Montajul regulatorului cu blocaj de putere (reglaj continuu)

C — sarcina proprie a sistemului; *f* — regulator de frecvenţă; *R* — reostat; *G* — grup generator; P_i — putere interschimbată; *P* — regulator de putere

sînt obligate a înceta ajutorul dat la începutul perturbaţiei, reintorcîndu-se la situaţia lor iniţială de sarcină şi la valoarea nominală a frecvenţei. Acest sistem de reglaj, denumit *reglaj continuu*, se poate executa cu o schemă ca cea din fig. 5.

Sistemul combinat : generator pilot, sau „şef de orchestră", cu reglajul continuu

Menţinerea constantă a frecvenţei, folosind metoda cu „şef de orchestră" a fost corectată trecîndu-se de la menţinerea constantă a frecvenţei cu un singur grup (sau o centrală), care lucra astatic, la un sistem de reglaj care combină sistemul de „reglaj continuu" cu sistemul "şef de orchestră". Acest nou sistem pleacă de la ideea de a trece reglajul frecvenţei pe seama unor grupuri destinate de la început acestui scop, însă nu în forma veche în care anumite grupuri sînt destinate să menţină frecvenţa constantă şi

celelalte puterea, ci de la început, în fiecare sector, unul sau mai multe grupuri sînt destinate menţinerii frecvenţei constante şi preiau variaţiile totale din sectorul propriu; cu alte cuvinte fiecare sector lucrează cu un „şef de orchestră" propriu. Această metodă se bazează pe următoarele consideraţiuni:

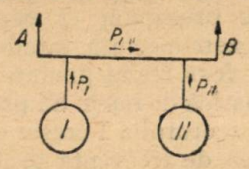


Fig. 6. Funcţionarea în paralel a două grupuri: I şi II pe două reţele de consum *A* şi *B*.

Două reţele (*A* şi *B*) cu centralele lor (*I* şi *II*) (vezi fig. 6) pot lucra în paralel stabil prin intermediul reţelei de interconexiune *A* — *B*, atunci cînd centrala *II* are caracteristică astatică şi centrala *I* caracteristică statică.

In acest caz centrala *II* preia iniţial toate variaţiunile de sarcină din reţelele *A* şi *B*.

Puterea centralei I este condiţionată de o sarcină livrabilă reţelei *B* la frecvenţa nominală

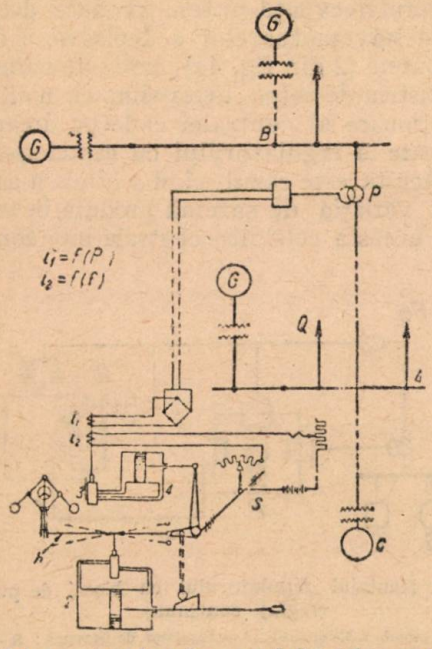


Fig. 7. Schema de principiu a reglajului frecvenţă-putere

A şi *B* — Reţele interconectate; *G* — Generatoare (sau centrale); *Q* — Sarcina reţelei *A*. *1* — Ventil de precomandă a servomotorului principal; *2* — Servomotorul principal; *3* — Ventil de precomandă a servomotorului auxiliar; *4* — Servomotor auxiliar; *S* — Dispozitiv pentru reglajul statismului; *P* — dispozitiv de reglaj pentru sarcina transmisă.

(sarcină programată), plus sarcina cerută în reţeaua proprie *A*.

Dacă ambele centrale ar regla frecvenţa, atunci repartiţia puterii în sistemul *A* — *B*, pe centralele *I* şi *II*, ar fi nedefinită.

Repartiţia sarcinii va fi cu atît mai corectă cu cît statismul centralei *I* va fi mai mare decît al centralei *II* şi cu cît regulatoarele primare vor lucra mai corect.

$$\Delta P_1 = k_1 (f_0 - f) = k_1 \Delta f$$

Puterea ce trebuie produsă de centrala *I* va fi:

$$P_I = P_A + \Delta P_{I-II}$$

Dacă în această situaţie i se cere centralei *I* să ţină singură frecvenţa constantă în *A* atunci se subînţelege că trebuie ca regulatoarele turbinelor să lucreze cu statism O, adică isodrom, şi centrala *II* trebuie să lucreze fără statism, în ceea ce priveşte puterea generată de ea.

In aceste condiţiuni, fiecare grup trebuie să lucreze astatic în ceea ce priveşte sarcina sectorului propriu şi static în ceea ce priveşte sarcina interschimbată; deci se lucrează stabil.

Aceasta presupune o construcţie deosebită a regulatoarelor turbinelor, întrucît comanda mecanică propriu zisă nu mai este acţionată de organe care modifică admisiunea aburului la turbină, ci de puterea $P_I - P_{II}$ interschimbată. Din schema din fig. 7 se poate înţelege principiul de funcţionare în acest sistem de reglaj. Ventilul de precomandă 1 şi servomotorul corespunzător sînt în poziţie de repaos, dacă curentul i_1, proporţional cu puterea interschimbată, şi curentul i_2, condiţionat de frecvenţă, au aceeaşi valoare.

De aici rezultă că puterea interschimbată între sectoarele I şi II este condiţionată în fiecare moment de frecvenţă. Ventilul de reglaj este comandat continuu de valoarea puterii interschimbate. Electromagnetul de comandă cu cele două bobine i_1 şi i_2, împreună cu ventilul de precomandă 3 şi servomotorul auxiliar 4, constituie ceea ce se numeşte un amplificator electrohidraulic.

Acest sistem se poate amplifica în sensul că o interconexiune poate să aibă, în locul unui singur grup regulator de frecvenţă în fiecare sistem, mai multe grupuri.

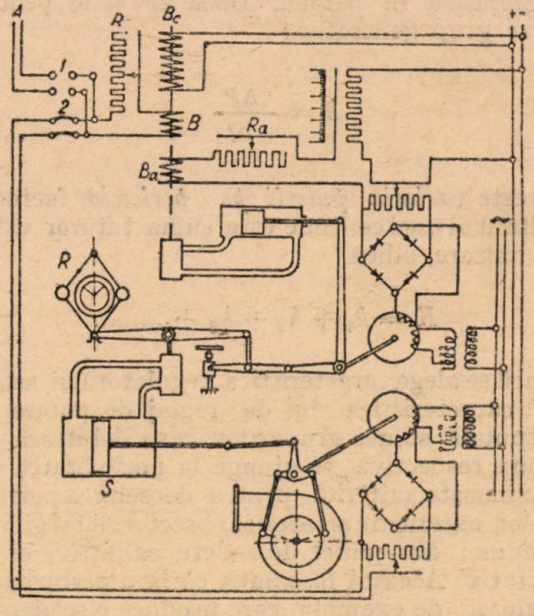


Fig. 8. Reprezentarea schematică a montajului unui regulator automat de viteză cu comandă electrică

Se pot trage următoarele concluzii:

a.—La o perturbaţie bruscă în unul din cele două sectoare, modificarea puterii interschimbate se face atît de repede, încît regulatoarele mecanice de viteză ale grupurilor generatoare, care reglează frecvenţa în fiecare din cele două sectoare ale sistemului nu pot influenţa practic

valoarea acestui vîrf momentan. Ele pot micşora doar durata lui.

b.— Restabilirea frecvenţei depinde de comportarea regulatoarelor şi de inerţia lor specifică. Dacă puterea interschimbată variază sub forma unui şoc, frecvenţa rămîne neschimbată.

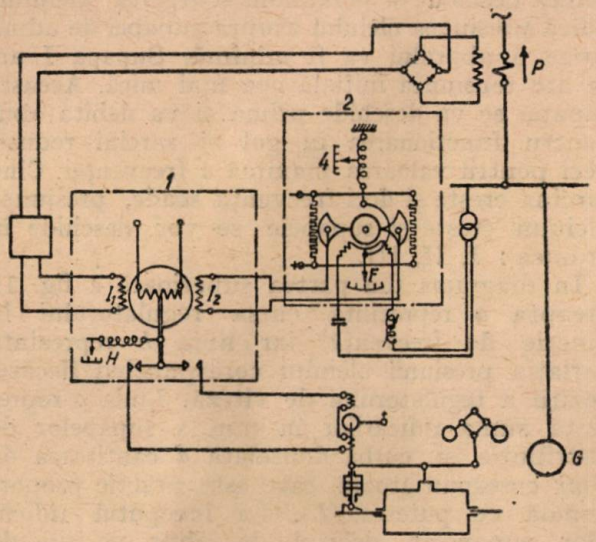


Fig. 9. Schema reglajului secundar frecvenţă-putere lucrînd după metoda blocajului de putere
1 — Regulator de putere; 2 — Regulator de frecvenţă; 4-Dispozitiv de schimbare a statismului.

Se vede deci că se obţine o viteză de reglaj mai mare dacă se foloseşte variaţia puterii interschimbate ca mărime determinantă pentru comanda turbinelor, în loc să se folosească variaţia frecvenţei.

c — Pentru reglajul stabil *al unei* puteri ce trebuie schimbate, este necesar cel puţin *un grup* de reglaj, înzestrat cu un sistem de comandă frecvenţă-putere automat.

În caz de dispariţie a curentului de telemăsură, regulatorul sezisează o lipsă aparentă de putere şi, ca urmare, comandă turbina la admisiune (maximă sau minimă), după cum a fost reglat: la debit, sau la absorbţie de sarcină. În acest caz se adaptează valoarea reglată iniţial la valoarea redusă la zero, prin reducerea automată la zero a valorii reglate cu ajutorul unui releu diferenţial. Astfel se evită ca linia de interconexiune să fie supraîncărcată şi deci întreruptă.

Reglajul descris mai sus presupune întrebuinţarea fără modificări a regulatoarelor de viteză existente pe maşini.

Sistemul de rotaţie al regulatorului de putere (Fig. 9) este excitat separat; statorul are două înfăşurări: bobina I_1, care este parcursă de curentul de sarcină şi bobina I_2 de un curent proporţional cu frecvenţa.

Variaţia curentului în bobina de frecvenţă are alura din fig. 10. În reglaj normal, la frecvenţa nominală a reţelei, curentul $I_2 = 0$.

Sistemul este în echilibru dacă amperspirele bobinelor I_1 şi I_2 se anulează reciproc. Dacă nu acţionează alte forţe asupra bobinei, regulatorul este reglat la puterea zero, pentru $f_0 =$ 50 p/s.

Dacă frecvenţa în reţea variază, variaţia puteri interschimbate este:

$$\Delta P = K \Delta f.$$

Factorul K se reglează prin variaţia tensiunii arcului regulatorului. Pentru stabilirea unei puteri interschimbate P_0 diferită de 0, se reglează arcul principal H. Acesta compensează în total, la frecvenţa nominală, efectul bobinei I_1. Puterea interschimbată are deci în fiecare moment valoarea:

$$P = P_0 \pm K \Delta f.$$

Nu este necesară o schimbare a conexiunilor între regulator şi motoraşul de variaţie a vitezei, căci regulatorul, fie că reglează la absorbţie, fie

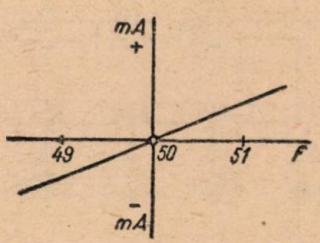


Fig. 10. Caracteristica de funcţionare a regulatorului de frecvenţă.

la debit, transmite impulsurile în sensul corespunzător.

Reglajul primar frecvenţă-putere

Perturbaţiile care pot apare în sistemele interconectate afectează în mod diferit sistemele de reglaj, după cum ele se produc în sectoare de reţele, sau pe liniile de interconexiune dintre sectoare de reţele. În sectoarele de reţele poate să fie vorba de declanşări cauzate de scurtcircuite, sau declanşări ale unui consumator, sau unui generator. Ele sînt urmate fie de o creştere, fie de o scădere a frecvenţei, la care răspunde atît reglajul continuu, cît şi reglajul discontinuu.

În cazul declanşării unui generator se produce o modificare a caracteristicei statice a reţelei, care cere intervenţia regulatorului de reglaj continuu.

Perturbaţiile pe liniile de interconexiune, care provoacă declanşări ale unor întrerupătoare, provoacă creşterea frecvenţei, în timp ce puterea scade; reglajul va trebui să fie prompt refăcut. Şi perturbaţiile interne, ca şi cele externe unui sector, provoacă variaţii puternice ale frecvenţei şi diferitele sectoare care compun sistemul trebuie să vină unele în ajutorul altora, pentru a se restabili rapid echilibrul. În aceste cazuri reglajul combinat frecvenţă-putere trebuie să fie înlocuit cu reglajul în funcţie de frecvenţă, pe tot timpul cît durează deranjamentul.

Şi reglajul continuu, ca şi cel discontinuu, deşi reduc în mare măsură reglajele manuale inutile, sau greşite, şi oscilaţiile care le urmează, nu pot să le elimine complet pentrucă este vorba

de un reglaj secundar. Pentru a se suprima în mare măsură intervenţiile lungi în reglaj se poate lucra direct asupra sistemului mecanic de reglaj al turbinei, realizîndu-se aşa numitul „reglaj primar".

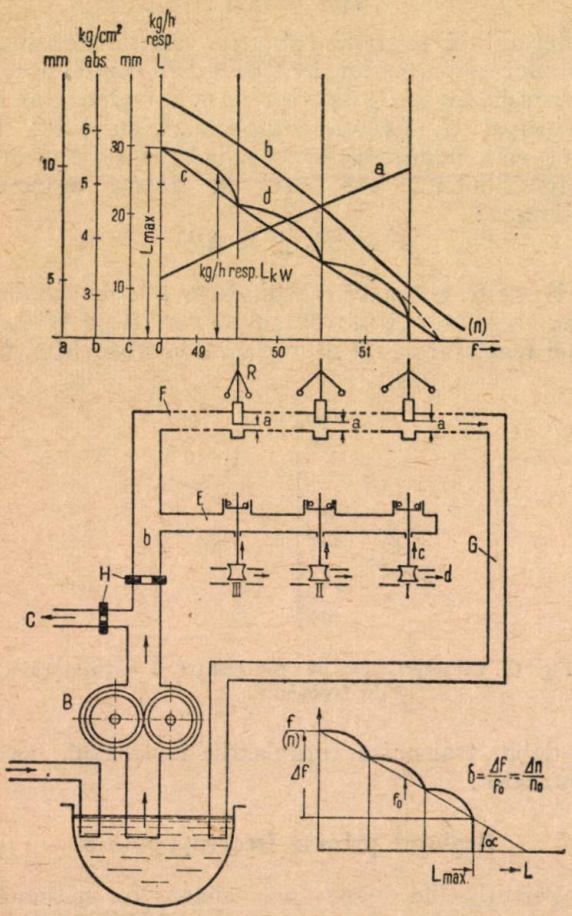


Fig. 11. Reprezentarea schematică a reglajului cu ulei sub presiune pentru turbine de abur

I, II, III — Supapele de reglaj; *R* — Regulatorul centrifugal şi vana (în 3 poziţii diferite); *B* — Pompa de ulei; *C* — Plecarea uleiului pentru ungere; *E* — Admisiunea uleiului la supape; *F* — Admisiunea uleiului de comadă la vană; *G* — Inapoerea uleiului de reglaj; *H* — Diafragmele.
a — Cursa regulatorului în mm; *b* — Presiunea uleiului de comandă; *c* — cursa supapelor în mm; *d* — Admisiunea totală a aburului; *f* — frecvenţa; *L* — Puterea debitată; *δ* — Statismul.

În exploatarea normală, cînd nu se produc deranjamente care conduc la variaţiuni brusce şi mari ale puterii şi frecvenţei, ci se reglează continuu frecvenţa, un sistem de reglaj primar care dă rezultate foarte bune este acel care acţionează direct asupra supapelor de admisiune ale turbinelor de abur, în funcţie deodată de cei doi parametri care variază: frecvenţa şi puterea. Iată cum se poate realiza acest reglaj primar continuu:

Sistemul de reglaj cu ulei sub presiune al unei turbine de abur este reprezentat în fig. 11. Uleiul sub presiune este distribuit de pompă şi ajunge la sistemul de comandă şi la supapele de distribuţie a aburului printr-o diafragmă *H* (cealaltă diafragmă fiind destinată pentru uleiul de ungere). Debitul de ulei prin prima diafragmă este reglat prin regulatorul de viteză *R*, aşa cum se arată în fig. 11. În realitate sînt mai multe supape de distribuţie şi un singur regulator de viteză, dar în figură s-a desenat regulatorul de viteză de 3 ori, deasupra fiecărei supape, în poziţia corespunzînd începutului deschiderii supapei.

Pentru poziţia din dreapta, regulatorul de viteză deschide la maximum scurgerea uleiului; adică presiunea uleiului asupra supapei de admisiune a aburului va fi minimă. Supapa I are în arc tensiunea iniţială cea mai mică. Această supapă se va deschide prima şi va debita abur pentru funcţionarea în gol şi sarcini reduse, deci pentru valoarea maximă a frecvenţei. Cînd sarcina creşte şi deci frecvenţa scade, presiunea uleiului creşte şi supapele se vor deschide în ordinea: I, II, III.

În diagrama din partea superioară a fig. 11 dreapta *a* reprezintă cursa regulatorului în funcţie de frecvenţă, iar linia *b* reprezintă variaţia presiunii uleiului corespunzînd fiecărei poziţii a regulatorului de viteză. Linia *c* reprezintă suma ridicărilor în mm a supapelor de distribuţie şi curba dantelată *d* cantitatea de abur corespunzătoare, care este practic proporţională cu puterea (*L*). La începutul ridicărilor supapelor, debitul de abur pe mm de cursă este mult mai mare decît la sfîrşitul cursei, ceea ce conduce la caracteristica dantelată *d*.

Neregularităţile caracteristicei de reglaj fac ca în funcţionarea în paralel a mai multor turbogeneratoare, fie unul, fie altul din grupuri să preia variaţiunile de sarcină, după cum se arată în diagrama din partea superioară a fig. 12. Segmentul de dreaptă orizontal, cuprins între

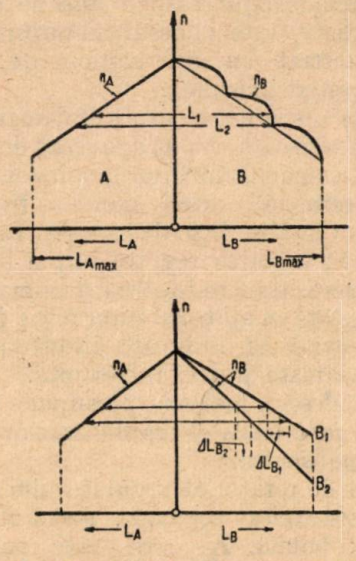


Fig. 12. Caracteristicile frecvenţă-putere a două grupuri generatoare în paralel

A şi *B* — funcţionînd în paralel; L_A — Puterea grupului *A*; L_B — Puterea grupului *B*; *n* — Viteza; n_A — Caracteristica grupului *A*; n_B — Caracteristica grupului *B* (diagrama superioară, linia dantelată; diagrama inferioară-dreaptă şi reglabilă).

cele două caracteristici (L_1, L_2), reprezintă puterea totală debitată la un moment dat. Chiar dacă amîndouă caracteristicile sînt drepte, ca în diagrama din partea inferioară a fig. 12, poate fi

nevoie în unele cazuri să se poată schimba, în timpul serviciului, înclinarea uneia din caracteristici, adică să se varieze statismul unuia din

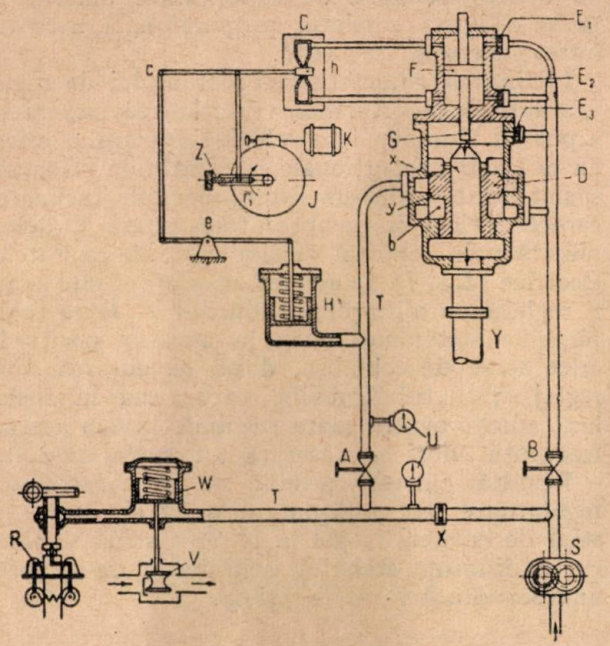


Fig. 13. Reglajul cu ulei sub presiune al unei turbine de abur, printr-un regulator de frecvenţă şi unui dispozitiv ajutător hidraulic.

A şi *B* — Vane de oprire; *C* — Balanţă hidrodinamică; *D* — Piston de comandă; E_1, E_2, E_3 — Diafragme; *F* — Piston-releu; *G* — Ac de reglaj; *H* — Piston de compensare; *J* — Regulatorul de frecvenţă; *K* — Servomotor pentru reglajul tensiunii în arcul regulatorului *J*; *R* — Regulatorul centrifugal al turbinei; *S* — Pompă de ulei; *T* — Conducte de ulei de reglaj; *U* — Manometre. *W* — Pistonul supapei de admisie; *X* — Diafragmă pentru uleiul de reglaj; *Y*—Conducta de înapoiere a uleiului de reglaj; *Z*— Şurubul de reglaj al regulatorului de frecvenţă; *h* — paletă oscilantă; *x*, *y* — Secţiuni variabile de reglaj.

grupuri. De exemplu trebuie deplasată caracteristica grupului *B* din B_1 în B_2. Cu cît caracteristica de reglaj este mai înclinată, cu atît grupul respectiv ia parte mai puţin la variaţiunile de sarcină.

Dacă un grup generator trebuie să acopere sarcina de bază, caracteristica de reglaj va trebui să-i fie cît mai înclinată posibil; dacă un grup generator este destinat să preia variaţiunile de sarcină, trebuie să-i se dea o caracteristică pe cît posibil mai puţin înclinată. Aceste condiţiuni, (caracteristică rectilinie şi posibilitatea de a i se modifica înclinarea caracteristicei de reglaj pînă la orizontală, în timpul serviciului), pot fi îndeplinite adăogîndu-se grupului generator un dispozitiv de reglaj frecvenţă-putere.

Să urmărim mai întîi o comandă în care s-a înlocuit regulatorul mecanic de viteză prin regulatorul electric de frecvenţă (fig. 13). Acest dispozitiv mai foloseşte înafară de regulatorul de frecvenţă şi o balanţă hidrodinamică (*C*), un piston-releu (*F*) şi un dispozitiv hidraulic(piston de compensare). Balanţa hidrodinamică se compune (vezi fig. 13) dintr-un sistem de pîrghii care oscilează în jurul punctului *c* şi o paletă *h*, care se găseşte între cele două orificii ale dispozitivului *C* din fig. 13. Dacă paleta este la egală distanţă între cele două orificii, fiecare din acestea lasă să se scurgă prin ele aceeaşi cantitate de ulei. Dacă paleta este deplasată într-o parte, debitele de ulei vor fi diferite, presiunea va creşte în partea unde orificiul a fost în parte închis şi debitul a scăzut şi scade în partea în care debitul a crescut. Această diferenţă de presiune deplasează pistonul F în sus, sau în jos. Acul de reglaj *G* face atunci să se schimbe secţiunea de scurgere şi presiunea să varieze în cilindrul de deasupra pistonului *D*. Cele două pistoane (*F* şi *D*) sînt astfel legate hidraulic. Pistonul *D* reglează presiunea uleiului la supapele de admisie, modificînd secţiunile *x* şi y care leagă conducta de ulei *T* cu conducta de înapoiere a uleiului de reglaj spre rezervor.

Reglajul se execută astfel: regulatorul de frecvenţă *J* se roteşte în sensul acelor unui ceasornic atunci cînd viteza grupului creşte; dacă de ex., sarcina scade, frecvenţa are tendinţa să crească şi regulatorul *J* ridică pîrghia, care oscilează în jurul punctului *c*; debitul uleiului care se scurge prin orificiul superior al balanţei *C* scade şi pistonul *F* se deplasează în jos, ca şi pistonul *D*. Secţiunea y se micşorează, secţiunea *x* creşte, presiunea uleiului de reglaj scade în conducta *T* şi admisia aburului este micşorată. Pistonul *H* a cărui ridicare e proporţională cu presiunea uleiului din conducta *T* şi pîrghia, care se roteşte în jurul punctului *e*, formează un dispozitiv de compensare hidraulic şi readuce paleta *h* în poziţia sa mijlocie. Procesul de reglaj este terminat, rotorul turbinei se învîrteşte acum puţin mai repede, grupul avînd o sarcină mai mică.

Prin reglarea tensiunii în arcul regulatorului de frecvenţă *J*, cu ajutorul servomotorului *K*,

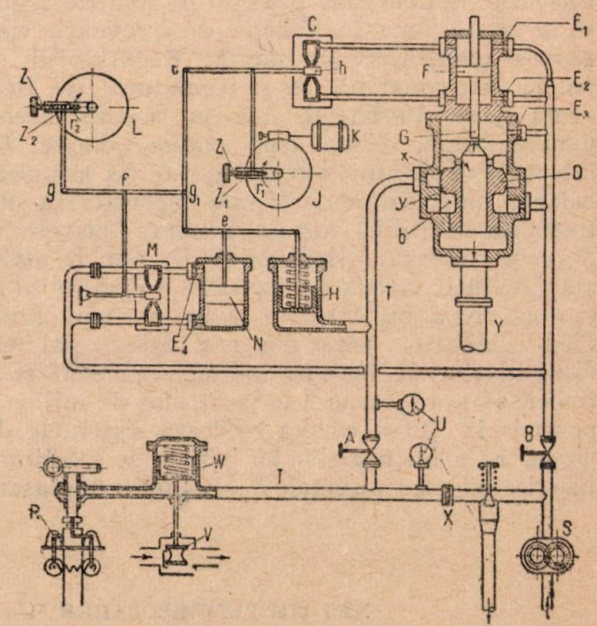


Fig. 14. Reglajul cu ulei sub presiune al unei turbine de abur, prin regulator frecvenţă-putere:

L — Regulator de putere; *M* — Balanţă hidrodinamică; *N* — Piston. Celelalte notaţii din figură au aceleaşi semnificaţii ca şi cele din fig. 13

caracteristica de reglaj putere-frecvenţă poate fi deplasată paralel cu ea însăşi.

Acest regulator de frecvenţă poate asigura comanda turbinei, ca şi regulatorul centrifugal,

şi se pot obţine aceleaşi caracteristici de reglaj. Fiecărui punct de reglaj îi corespunde o presiune anumită a uleiului, deci la fiecare sarcină corespunde o poziţie determinată a pistonului H şi, cum paleta h are aceeaşi poziţie pentru toate punctele de echilibru, deviaţia regulatorului de frecvenţă este deasemenea determinată. Regulatorul de frecvenţă trebuie să aibă prin construcţie o caracteristică rectilinie, adică deviaţia sa trebuie să fie proporţională cu variaţia frecvenţei, la o anumită presiune a uleiului de reglaj. Dar caracteristica frecvenţă-putere nu este rectilinie, căci admisiunea aburului şi deci sarcina pe grup nu sînt proporţionale cu presiunea uleiului. Pentru a realiza această condiţie, trebuie introdus şi un regulator de putere, care corectează sistemul şi face ca sarcina pe grup să fie proporţională cu frecvenţa.

Pentru aceasta trebuie ca regulatorul de putere să lucreze astfel încît să deplaseze punctul e de oscilaţie aşa încît să se asigure corelaţia necesară în reglaj. Regulatorul de puterere acţionează îndată ce se produce o variaţie a sarcinii, iar regulatorul de frecvenţă nu începe să funcţioneze decît atunci cînd viteza grupului s-a schimbat. În fig. 14 este reprezentat un sistem care completează şi corectează pe cel din fig. 13. Dacă sarcina ar creşte regulatorul de putere ar deschide imediat mai mult supapele de admisie, fapt care ar avea ca urmare o creştere a vitezei, în timp ce caracteristica cere ca la o putere mai ridicată să se regleze o viteză mai mică. Este deci necesar ca regulatorul de putere să lucreze prin intermediul unui dispozitiv de întîrziere a comenzii lui, pentruca procesul normal de reglaj să se poată face în funcţie de frecvenţa care trebuie menţinută constantă. Regulatorul de putere este construit ca şi regulatorul de frecvenţă şi se învîrteşte tot în sensul acelor unui ceasornic, atunci cînd puterea creşte. La începutul reglajului, punctul g_1 este fix şi paleta balanţei hidrodinamice M este deplasată în sus, presiunea se ridică atunci deasupra pistonului N, care coboară. Diafragmele E_4 pot fi astfel aranjate încît viteza de deplasare a pistonului N şi respectiv a punctului e să fie cît mai mici. Cînd echilibrul este din nou atins, paletele dispozitivelor de balanţă hidrodinamice M şi C trebuie să se regăsească în poziţia lor de mijloc şi punctele în jurul cărora oscilează sistemele de pîrghii îşi reiau poziţiile lor iniţiale de echilibru. La orice mişcare punctele Z_1 şi Z_2 au o deplasare proporţională, deoarece sînt legate printr-un sistem de pîrghii şi variaţiile celor două regulatoare sînt proporţionale. Cum cele două aparate au o caracteristică de funcţionare liniară, se poate asigura corelaţia proporţională necesară între putere şi frecvenţă.

Înclinarea caracteristicei sistemului de reglaj este dată de raportul între variaţia frecvenţei şi cea a puterii. Cum regulatoarele de frecvenţă şi putere au deviaţii proporţionale cu mărimile măsurate şi sînt legate printr-un sistem mecanic, înclinarea caracteristicei frecvenţă-putere poate fi determinată prin raportul razelor r_2/r_1 ale aparatelor electrice (L şi J). Lungimea acestor pîrghii poate fi reglată cu ajutorul şuruburilor Z. Dacă toate pîrghiile sistemului revin la aceleaşi poziţii în orice stare de echilibru, după executarea unui reglaj, punctul Z_1 revine totdeauna în acelaş loc, adică pentru toate sarcinile avem aceeaşi frecvenţă, deci s-ar asigura un reglaj isodrom.

Rezultă că este posibil să se construiască regulatoare frecvenţă-putere a căror caracteristică de la mers în gol la plină sarcină să fie o curbă dinainte stabilită, schimbînd cu ajutorul unui servomotor razele r_1 şi r_2..

Bibliografie

[1]. *A. G. Moscalev*: Reglajul automat al frecvenţei în sistemele energetice Gosenergoizdat, 1952-trad. EES 1954.

[2]. *A. V. Sceglaev*: Reglajul turbinelor de abur — Societatea de cercetări ştiinţifice—tehnice U.R.S.S. 1938.

[3]. *V. A. Romanov*: Reglajul automat al frecvenţei în sistemul Lenergo — Culegerea VNITOE Fcs. I-II-1954.

[4]. *I. A. Marcovici* şi *V. I. Goruskin*: Metodele moderne de reglaj al frecvenţei şi a puterilor schimbate în sistemele energetice—ISVESTIA ACADEMII NAUC SSR Secţiia Ştiinţe tehnice 1949 nr. 12.

[5]. *F. Werthmann*: Despre reglajul frecvenţă-putere-Rev. BB 1939.

[6]. *G. Broggi*: Comanda cu ulei sub presiune şi regulatorul frecvenţă-putere pentru reglajul turbinelor de abur -Publ. BBC 1599 F. 11. 4. (x 40).

[7]. *I. M. Marcovici şi S. A. Sovalov*: Condiţiile principale ale dispozitivelor de reglaj automat al frecvenţei în sistemele energetice — E lektriceskie Stanţii nr. 5-1949.

[8]. *P. P. Ostrii*: Regulatorul automat de frecvenţă în sistemul Lenergo—Elektr. Stanţii nr. 3—1946.

[9]. *L. D.Sterninson*: Reglajul frecvenţei şi puterii active — Culegerea: Automatica şi telemecanica în sistemele energetice. Gosenergoizdat 1950.

[10]. *L. D. Sterninson şi V. E. Cazanschi*: Regulatorul automat de frecvenţă cu acţiune continuă. Elektr. Stanţii nr. 4 — 1951.

[11]. *I. V. Herescu*: Reglajul frecvenţei şi puterii în sistemele interconectate — Bul. Min. Energiei Electrice nr. 9 — 1950.

★

МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТА-МОЩНОСТЬ В КОЛЬЦОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Резюме

Сложность регулирования частота-мощность возрастая при кольцевании энергетических систем, ставится остро вопрос повышенной автоматизации; в связи с этим излагаются различные наиболее широко распространенные системы: регулирование постоянное, первичное, комбинированное, „кашельмейстер" и т. д. Указывается возможность конструкции регуляторов работающих по заданной кривой.

INTREŢINEREA INSTALAŢIILOR DE DISTRIBUŢIE

Printre măsurile de bază, necesare asigurării funcţionării normale a echipamentului instalaţiilor de distribuţie, sînt reviziile periodice (paragraful 806) care se fac la termenele specificate, curăţirea de praf (paragraful 807) şi executarea reparaţiilor curente şi capitale (paragraful 810 şi paragraful 811).

Reviziile se execută de personalul de tură, după un grafic astfel aranjat pe schimburi, încît întregul echipament şi toate elementele instalaţiei să fie revizuite odată în 24 ore. Revizii la intervale mai scurte sînt necesare în cazuri de vreme neprielnică (temperaturi scăzute, viscole, furtuni, ploi torenţiale etc.) sau în urma unui scurtcircuit în instalaţia de distribuţie şi au drept scop verificarea stării diferitelor elemente ale instalaţiei în cele mai grele condiţii de lucru.

Reviziile periodice permit personalului să observe o parte însemnată a defectelor (încălzirea clemelor, conturnarea izolaţiei etc.) chiar la începutul apariţiei lor şi să ia măsuri pentru a le înlătura, înainte de a se dezvolta pînă la o situaţie ameninţătoare.

Termenele pentru curăţirea de praf şi impurităţi (paragraful 807) a instalaţiilor de distribuţie depind de construcţia instalaţiei, de tipul ventilaţiei, de impurităţile aerului din exterior etc. precum şi de tipul şi amplasarea echipamentului şi izolatoarelor. Din această cauză intervalele, la care trebuie să se facă curăţirea,sînt stabilite pentru fiecare instalaţie de distribuţie în parte. In general curăţirea elementelor instalaţiilor de distribuţie trebuie să se facă odată cu executarea reparaţiilor curente, intervalul neputînd fi în nici un caz mai mic decît cel prescris în paragraful 811.

Prin reparaţia curentă a instalaţiilor de distribuţie trebuie să se înţeleagă acele lucrări care nu necesită deschiderea echipamentelor ca de pildă : verificarea funcţionării părţilor mobile ale echipamentelor, verificarea stării izolaţiei, verificarea strîngerii şuruburilor de fixare şi curăţirea prafului. In cazul cînd la un echipament se fac reparaţii capitale, numărul reparaţiilor curente la acel echipament se reduce în acel an sau ele nu se mai execută de loc, aceasta din cauză că intervalele fixate pentru reparaţiile curente se referă la perioadele cînd nu se execută reparaţii capitale.

In funcţie de condiţiile locale, pentru reparaţiile curente pot fi stabilite şi intervale mai dese decît cele prevăzute în paragraful 811.

La întocmirea graficului (paragraful 813) pentru executarea reparaţiilor capitale, se va ţine seama că echipamentele care au părţi mobile sînt supuse celor mai mari uzuri ; printre aceste echipamente se numără întrerupătoarele şi separatoarele. Pentru aceste echipamente, reparaţiile capitale în cursul cărora se deschid sau chiar se demontează echipamentele, se fac la intervale determinate de termenele de uzură a diferitelor lor elemente. Astfel, la un întrerupător intervalele dintre reparaţiile capitale sînt determinate de uzura contactelor între care se realizează întreruperea arcului sau de frecvenţa operaţiilor de conectare şi de deconectare.

Pentru executarea reparaţiilor capitale în instalaţiile electrice de distribuţie, este nevoie de o micşorare eventuală a puterii staţiei şi de efectuarea unor manevre speciale. Din această cauză trebuie ca odată cu reparaţiile capitale să se efectueze şi toate încercările preventive ale echipamentelor legate tehnologic de echipamentele scoase în reparaţie capitală (aparate, circuite primare, secundare etc.). Aceast lucru permite ca echipamentul să nu fie scos din funcţiune decît o singură dată şi în plus, la constatarea unor defecte ele să fie înlăturate chiar în cursul reparaţiei capitale.

Intervalele dintre reparaţiile capitale şi încercările preventive ale elementelor instalaţiei de distribuţie, sînt stabilite în baza experienţei, cele indicate de PET fiind numai termene limită. In funcţie de construcţie şi de particularităţile exploatării, aceste termene pot fi reduse.

Trebuie să se ştie însă că prea dese reparaţii capitale la echipamentele instalaţiei de distribuţie scumpesc costul exploatării şi provoacă în timpul reparaţiei o micşorare a siguranţei de funcţionare a întregii instalaţii (scoaterea din funcţiune a unui sistem de bare, a întrerupătoarelor, separatoarelor etc.). Din această cauză, dacă nu este absolut necesar, nu trebuie recurs la o reducere a perioadelor dintre reparaţii.

Controlul stării elementelor instalaţiei de distribuţie şi al echipamentelor care nu au părţi mobile (transformatoare de măsură, condensatoare statice, bobine de reactanţă, îmbinările barelor, etc.) se face cu ocazia încercărilor preventive. Numai în cazul cînd aceste încercări arată că izolaţia echipamentului de mai sus nu corespunde ,el se introduce în reparaţie capitală sau se înlocuieşte. In cazul cînd cu ocazia verificărilor preventive se constată că izolaţia a scăzut fără a prezenta un pericol iminent, termenul următoarei verificări preventive trebuie redus în mod corespunzător.

In perioadele sarcinilor maxime (toamna şi iarna) echipamentul de bază este solicitat la maximum iar rezervele din centrale sau din sistemele energetice, de obicei, se micşorează.

In această perioadă nu trebuie să se scoată în reparație instalațiile de distribuție, deoarece acest lucru ar avea ca urmare o scădere a capacității întregii instalații urmată eventual chiar de o întrerupere a livrării energiei electrice diferiților consumatori.

Izolația este supusă la cele mai mari solicitări (supratensiuni) în sezonul descărcărilor atmosferice. De aceea dispozitivele de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice trebuie verificate, încercate și puse în funcțiune la începutul sezonului cu descărcări atmosferice.

După efectuarea „reparațiilor capitale la instastalațiile de distribuție aflate în exploatare" se fac o serie de verificări și încercări care au de scop să constate calitatea lucrărilor efectuate și să descopere acele defecte care nu pot fi observate la o revizie exterioară. Una din cele mai importante verificări este aceea a izolației diferitelor elemente ale instalației de distribuție paragraful 804 punctul b).

Cu timpul, sub influența încălzirii de către părțile conducătoare de curent și a acțiunii tensiunii, izolația își micșorează rigiditatea dielectrică și își schimbă proprietățile electrice. Pe lîngă încălzirea datorită cauzelor de mai sus, în cazul cînd izolația funcționează într-un cîmp electric alternativ, mai are loc o încălzire suplimentară a izolației datorită pierderilor în izolația însăși (dielectric). Acest fel de încălzire poate provoca străpungerea izolației în cazul cînd izolația prezintă locuri slabe (fisuri, umiditate etc.). Pentru motivele de mai sus este nevoie să se cunoască starea generală a izolației și punctele slabe ale acesteia, lucru ce se realizează prin verificarea izolației.

Pentru aprecierea stării izolației există numeroase metode pe care personalul energetic le poate folosi. Dintre aceste metode cea mai răspîndită este aceea a megohmetrului. Această măsurătoare ne dă indicații asupura stării izolației și scoate în evidență locurile slabe ale ei prin scăderea bruscă a rezistenței de izolație dintre faze sau în raport cu pămîntul. In cazul cînd izolația nu este străpunsă la verificare, această metodă ne dă o indicație asupra stării generale a izolației în special în ceea ce privește murdărirea și umiditatea ei, stare care se apreciază prin compararea rezultatelor cu cele de la măsurătorile anterioare.

Verificarea rezistenței de izolație cu ajutorul megohmetrului se face cu scoaterea de sub tensiune a elementelor a căror izolație se verifică.

Un alt element care ne poate da indicații asupra stării generale a izolației este tangenta unghiului pierderilor dielectrice (fig. 1). Ea este egală cu raportul dintre curentul activ de scurgere și curentul capacitiv

$$\left(\operatorname{tg}\ \delta = \frac{I_a}{I_c}\right)$$

și se măsoară cu ajutorul unor aparate speciale (punți). Controlul stării izolației prin metoda determinării tangentei unghiului pierderilor dielectrice este obligatorie pentru toate izolatoarele umplute cu ulei, cu masă izolantă sau din bachelită. Această obligativitate este motivată de faptul că izolația compusă a acestor elemente îmbătrînește în ea apărînd cu timpul spații de aer lucru care înlesnește pătrunderea umidității în izolație ceea ce duce la scăderea calității izolației compuse și provoacă o creștere a pierderilor în dielectric.

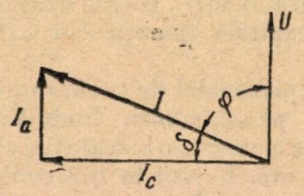


Fig. 1 Diagrama curenților în cazul supunerii izolației unei tensiuni alternative.

In tabela 1 se dau în procente valorile limită ale tangentei unghiului pierderilor dielectrice la o temperatură de + 20°C pentru izolatoare de trecere.

Izolatoarele de trecere care au valori ale tangentei unghiului pierderilor dielectrice mai mari decît cele de mai sus se scot din exploatare. In cazul cînd există date care nu confirmă un pericol iminent (experiența folosirii unor izolatoare analoge), pot fi lăsate încă un timp în exploatare, timp care se recomandă a fi cît mai scurt.

Izolația de porțelan, dată fiind structura sa, nu necesită un control al unghiului pierderilor dielectrice.

O altă metodă pentru aprecierea stării izolației izolatoarelor de suspensie și suport, este măsurarea repartiției tensiunii de-a lungul izolatorului chiar în timpul exploatării, adică cu instalația sub tensiune.

Măsurarea tensiunii pe izolator se face cu ajutorul prăjinilor cu dispozitiv de eclatare avînd distanța fixă sau variabilă între electrozi. Fig. 2 reprezintă schema electrică de principiu a dispozitivului de măsurare a unei astfel de prăjini,

Tabela 1

Nr. crt.	Tipul izolatoarelor	Tensiunea de lucru în kV					
		3—15		20—35		60—110	
		Pentru izolatoare noi sau ieșite din reparații capitale.	Pentru izolatoare în exploatare	Pentru izolatoare noi sau ieșite din reparații capitale	Pentru izolatoare în exploatare	Pentru izolatoare noi sau ieșite din reparații capitale	Pentru izolatoare în exploatare
1	Umplute cu ulei	—	—	3	8	2	7
2	Din bachelită umplute cu masă	5	12	2,3	10	2	8
3	izolantă						
4	Din masă izolantă	3	6	2	4	2	3
	Din bachelită	5	12	2,5	9	2	5

iar fig. 3 modul de așezare a unei prăjini pentru măsurarea repartiției tensiunii intre două izolatoare succesive din lanț.

Construcția și utilizarea prăjinilor cu distanța variabilă de eclatare se bazează pe următorul principiu :

Tensiunea în lanțul de izolatoare se repartizează în mod neuniform, aceasta din cauză că

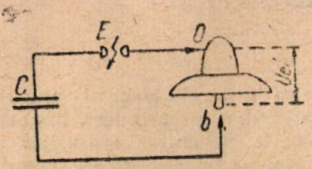


Fig. 2

fiecare izolator are o anumită capacitate a cărei valoare depinde de construcția izolatorului și de poziția lui în lanț (capacitatea față de pămînt și față de conductoare). Repartizarea tensiunii, în cazul unei suprafețe intacte a izolatorului, este perfect determinată pentru izolatorul respectiv, putînd fi reprezentată printr-o curbă caracteristică. In cazul cînd un element de izolator este defect, repartiția tensiunii se modi-

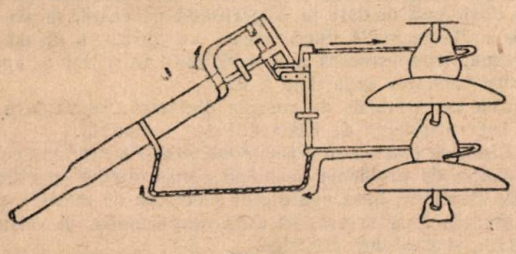


Fig. 3

fică, tensiunea în elementul deteriorat scade iar în celelalte rămase intacte se mărește în mod corespunzător.

Variind distanța între electrozii E ai prăjinii pînă la valoarea la care se produce descărcarea, se poate cunoaște tensiunea ce revine fiecărui izolator din lanț.

Prăjinile cu distanță de eclatare variabilă pot fi de două tipuri :

a) Prăjini la care distanța de eclatare poate fi variată în mod continuu. La prăjinile de acest tip mărind distanța de eclatare, se stabilesc defectele izolatorului prin metoda comparației tensiunii distribuită pe izolatorul lanțului, față de aceea a unui izolator asemănător, dintr-un lanț în bună stare. Prin aceste prăjini, se pot stabili izolatoarele care au pierdut complet capacitatea lor de izolare, așa zise izolatoare cu rezistență dielectrică nulă, precum și izolatoarele cu rezistență dielectrică scăzută.

In această categorie de prăjini trebuie socotite și cele care în loc de eclator au un voltmetru electrostatic, pentru citirea directă a rezultatelor.

b) Prăjini la care distanța de eclatare se reglează înaintea verificării fiecărui izolator din lanț. Cu aceste prăjini se constată dacă există valoarea minimală admisibilă pentru un izolator așezat într-o anumită poziție din lanț.

Prăjinile cu distanță de eclatare fixă pot indica numai izolatoarele cu rezistență dielectrică nulă. Pentru aceasta se fixează în prealabil în laborator electrozii la distanța care corespunde unei descărcări la tensiunea minimă, valoare determinată de tensiunea minimă corespunzătoare repartiției tensiunii pe izolatoarele din lanț.

Amănunte asupra construcției diferitelor tipuri de prăjini speciale, precum și modul lor de întrebuințare pot fi găsite în lucrarea : „Construcția și exploatarea liniilor aeriene de înaltă tensiune" de C.S. Dutchin și Al. Liberman Editura Tehnică, 1951. La măsurătorile de izolație cu prăjini avînd distanța de eclatare variabilă, rezultatul obținut prin măsurătoare se consideră ca satisfăcător, dacă suma tensiunilor separate a tuturor izolatoarelor din lanț va fi cel puțin egală cu 70% din tensiunea dintre faze, în cazul stîlpilor de lemn și nu va diferi cu mai mult de 20% de tensiunea dintre faze, în cazul stîlpilor metalici. In fig. 4 sînt date ca exemplu curbele de repartiție a tensiunii în lungul unui lanț de izolatoare de 110 kV pe stîlpi de lemn. Curba plină reprezintă repartiția tensiunii în cazul cînd toate elementele lanțului sînt în bună stare iar curba trasată punctat, în cazul cînd cel de al patrulea element din lanț este defect.

Un izolator din lanț se consideră defect și va trebui înlocuit atunci cînd valoarea tensiunii acelui izolator se micșorează cu de 1,5—2 ori față de tensiunea unui izolator bun.

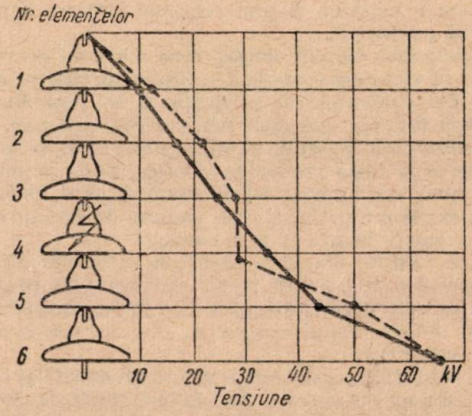


Fig. 4. Rezultatele măsurătorilor repartiției tensiunii în lungul unui lanț de izolatoare de 110 kW.

O altă metodă de a scoate în evidență punctele slabe ale izolației este aceea a încercării cu înaltă tensiune.

Mărimea tensiunii de încercare și intervalele la care se execută încercările atît ale fiecărui echipament în parte cît și a întregii instalații de distribuție, depind de tensiunea la care lucrează izolația de timpul și de condițiile de funcționare și e reglementată prin instrucțiuni speciale ce se întocmesc în prezent de Direcția Generală Tehnică din MEEIE.

Ing. Gh. I. Manolescu

CERCURILE A.S.I.T. TREBUIE SĂ AJUTE ÎNTREPRINDERILE IN PROBLEMA NORMĂRII ŞI REDUCERII PROGRESIVE A CONSUMURILOR SPECIFICE DE ENERGIE ELECTRICĂ, ÎN INDUSTRIE

Dezvoltarea industriei şi avîntul mare, pe care îl ia agricultura în ţara noastră, pune şi problema surselor corespunzătoare de energie electrică. Pe calea construcţiei marilor centrale şi reţele în cadrul planului de electrificare a ţării s-au realizat noi instalaţii de producere, transport şi distribuţie dar foarte importantă este şi acţiunea de bună gospodărire a energiei electrice produse prin asigurarea unei raţionale exploatări energetice bazată pe un control serios al consumurilor, care conduce la o economie de energie electrică în toate sectoarele industriale.

In rezolvarea acestei probleme, se deosebesc două etape şi anume :

— stabilirea, analizarea şi normarea consumului specific de energie electrică ;

— găsirea, cercetarea şi aplicarea măsurilor organizatorice şi tehnologice, pentru reducerea progresivă a normelor de consum specific de energie electrică.

Problema economiei de energie electrică trebuie atacată de la început în toată complexitatea ei şi în orice caz, acţiunea de reducere a consumului specific în oricare sector industrial trebuie să înceapă imediat, prin eliminarea oricărei risipe de energie electrică, fără a aştepta realizarea etapei de stabilire a normelor de consum specific.

Faptul că se pune accent deosebit pe normarea consumurilor specifice, se explică prin necesitatea de a pune la îndemîna conducerilor întreprinderilor un instrument, cu ajutorul căruia să poată urmări în mod just şi ştiinţific nivelul procesului tehnologic al preţului de cost etc. creînd baza de plecare la o acţiune şi mai largă de economii, prin îmbunătăţirea dezvoltării procesului de producţie, printr-o bună organizare a acestuia şi prin continua ridicare a nivelului tehnic al producţiei.

In prima fază sîntem obligaţi a ne mulţumi pentru unele sectoare să stabilim normele de consum specific pe cale statistică, din evidenţele de producţie şi consum din ultimii ani. După formule mai mult sau mai puţin precise, apelînd în cazurile unde altă soluţie nu este posibilă chiar la un sistem de normare pe baza producţiei valorice, adică pe mia de lei produs final, dar în orice caz, începînd cu anul 1955, nu trebuie să existe industrie, al cărei consum de energie electrică să nu poată fi justificat prin norme.

Pentru viitorul imediat, stabilirea normelor de consumuri specifice trebuie să ia un caracter tehnico-ştiinţific, care să reflecte o corelaţie ştiinţifică între consumurile specifice şi indicii tehnico-economici, care caracterizează producţia respectivă.

Fără îndoială, aceasta cere o muncă de durată şi bine susţinută, care nu va putea fi dusă la bun sfîrşit de cîteva persoane sau institute de studii şi cercetări, ci trebuie să antreneze întreaga masă de tehnicieni şi ingineri.

Un prim pas a fost organizarea de către CC-ASIT — prin secţia de electricitate — a unei consfătuiri pe ţară, în zilele de 6—7 august 1954, în colaborare cu Institutul de energetică al Academiei R.P.R. şi cu sprijinul ministerelor interesate, cu o largă participare.

Prin rezoluţia adoptată de consfătuire, s-au scos în evidenţă deficienţe în modul în care unele industrii întrebuinţează energia electrică în procesele de fabricaţie şi lipsa de preocupare pentru înlăturarea pierderilor de energie electrică provocate de procese tehnologice neraţionale, învechite, rău conduse.

Prin aceeaşi rezoluţie, s-au trasat sarcini cercurilor ASIT din întreprinderi, pentru :

— a sprijini conducerea întreprinderilor în acţiunea de stabilire pe baze ştiinţifice a consumurilor specifice de energie electrică ;

— a populariza în masele largi ale muncitorilor, tehnicienilor şi inginerilor din întreprinderi, importanţa problemei ;

— a contribui la elaborarea măsurilor tehnico-organizatorice şi la întocmirea tematicelor de inovaţii, privind reducerea consumurilor de energie electrică, sprijinind realizarea lor ;

— a stimula publicarea de articole originale şi discuţii privind problema consumurilor specifice de energie electrică.

Sînt cunoscute în parte motivele pentru care se întîrzie în unele întreprinderi trecerea la acţiune. Să analizăm cîteva dintre ele şi anume :

1. *Lipsa de personal energetic.* Intreprinderile trebue să întărească serviciile energetice. In plus, în acţiunea de normare a consumurilor specifice, energeticii nu trebuie să lucreze izolat, ci trebuie să ceară şi concursul mecanicilor şi tehnologilor. Trebuie să facă apel la filiala A.S.I.T., prin cercul A.S.I.T. local, la Inspecţia Energetică locală şi în cazuri speciale la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. sau la C.C. A.S.I.T. — secţiile de specialitate — în probleme tehnologice mai complicate.

2. *Lipsa de date statistice din trecut.* In aceste cazuri, se va iniţia obţinerea de date pe o perioadă oarecare, se va verifica pe o altă perioadă, după care se va aprecia o primă serie de norme, care urmează a fi verificate în viitor şi apoi să se caute fundarea ştiinţifică a lor.

Pentru consumurile de energie electrică, se va face apel şi la Intreprinderea de Electricitate Regională.

3. *Lipsa de aparate electrice de măsură.* Pentru cine doreşte a se ocupa de problema normării consumurilor specifice de energie electrică, lipsa aparatelor electrice de măsură, poate fi rezolvată. Este necesar să aibă ampermetre şi voltmetre portative şi contoare electrice.

Industria electrotehnică fabrică în mod curent ampermetre şi voltmetre de tablou, care se pot monta în cutii portabile de lemn, echipîndu-le cu reductorii de intensitate şi tensiune respectivă. De asemenea se construiesc contori electrici trifazici de 110 V, care se pot monta în orice reţea cu reductorii de intensitate şi tensiune respectivi şi la nevoie se pot folosi chiar contori monofazici, montaţi ca atare fiind vorba de măsurători într-un sistem trifazic, în general echilibrat.

4. *Lipsa unei metodologii, în executarea studiului de normare a consumurilor de energie electrică.* Aici trebuie să intervină rolul filialelor A.S.I.T., adică acela de a da concurs tehnic şi mai ales întreprinderilor care nu au posibilităţi de a dezvolta normal aceste studii. Şi în cadrul unei filiale, se găsesc specialişti energetici şi tehnologi care să îmbrăţişeze toate sectoarele de activitate din cadrul filialei.

De asemenea, întreprinderile trebuie să-şi procure lucrările de specialitate, care tratează astfel de probleme.

In referatul principal al consfătuirii din 6—7 august a. c., se arată sumar, felul cum se procedează la pregătirea operaţiilor pentru măsurarea consumului specific de energie electrică şi la ridicarea caracteristicilor energetice.

Această metodologie constă din :

a) Examinarea schemei reţelei electrice a întreprinderii din punctul de vedere al evidenţei consumului pe secţii, agregate etc. în paralel cu schema tehnologică şi cu evidenţa producţiei.

Se examinează documentarea existentă şi statistică pe perioada respectivă.

b) Intocmirea unui plan pentru completări şi schimbări în schema de evidenţă şi pentru instalarea aparatelor de măsură ; în acest scop se procură aparatele de măsură necesare.

c) Cercetarea stării utilajelor şi reţelei energetice, pentru eliminarea pierderilor de energie inutile. Se analizează concomitent bilanţul energetic al întreprinderii pe secţii, agre-

gate, etc., cu scopul de a stabili acele sectoare unde sînt cele mai mari posibilităţi de a economisi energia electrică.

In general, se va proceda la:

— raţionalizarea şi intensificarea proceselor de producţie precum şi introducerea de tehnologii noi;

— îmbunătăţirea randamentului mecanic al maşinilor de lucru;

— reducerea pierderilor de energie în sistemul de distribuţie a energiei electrice şi în receptori.

Pe baza constatărilor, se va trece la realizarea modificărilor şi completărilor necesare în gospodăria energetică şi tehnologică a întreprinderii.

d) Stabilirea datelor şi metodelor pentru ridicarea datelor necesare constatării consumului specific de energie electrică şi pentru întocmirea caracteristicilor energetice, adică se întocmeşte un plan de acţiune foarte detaliat şi bine gîndit, pentru a nu încurca inutil producţia şi procesul tehnologic.

e) Executarea măsurătorilor, pentru stabilirea diferiţilor indici, care influenţează consumul specific de energie electrică.

f) Stabilirea măsurilor necesare şi propuneri concrete pe baza studiului şi a diagramelor, pentru reducerea consumului specific de energie electrică. Fără îndoială, că aceste măsuri vor fi legate de unele schimbări de utilaj, uneori schimbări în procesul tehnologic sau chiar în legătură cu însăşi munca executanţilor, cu o grijă mărită pentru urmărirea prescripţiilor etc.

Cu aceste elemente, cercurile A.S.I.T. din fiecare întreprindere trebuie să păşească la acţiunea în vederea ajutorării întreprinderii la îndeplinirea sarcinii de analiză a consumului specific de energie electrică, cu toate greutăţile inerente începutului, eliminarea lipsurilor fiind o problemă care trebuie să se rezolve în timp.

Ing. Toma A. Comăneseu

CRONICA

PRIMA SESIUNE DE COMUNICĂRI ŞTIINŢIFICE A CORPULUI DIDACTIC DIN INSTITUTUL POLITEHNIC BUCUREŞTI

In zilele de 28 şi 29 noembrie 1954 a avut loc prima sesiune de comunicări ştiinţifice a corpului didactic din Institutul Politehnic Bucureşti. Sesiunea a început printr-o şedinţă plenară, cuvîntul de deschidere fiind rostit de tov. profesor C. Dinculescu, rectorul Institutului Politehnic, în prezenţa tov. N. Dinulescu, locţiitor al ministrului Invăţămîntului, a numeroşi membri ai corpului didactic, studenţi şi invitaţi din afara Institutului.

Lucrările sesiunii s-au desfăşurat în cadrul a opt secţii, pe specialităţi: matematici pure, matematici aplicate, chimie organică şi anorganică, chimie tehnologică, electrotehnică, energetică, electronică şi telecomunicaţii, metalurgie, fiind prezentate în total un număr de 68 lucrări. Cele mai valoroase dintre lucrările din fiecare secţie au fost distinse la încheierea sesiunii cu premii şi menţiuni.

In secţia de energetică s-a remarcat în primul rînd comunicarea prezentată de tov. prof. M. Bercovici care a fost distinsă cu premiul I: „*Determinarea curenţilor de scurtcircuit trifazic în maşinile sincrone*". Lucrarea reprezintă o contribuţie originală a autorului în problema respectivă şi anume o metodă nouă pentru stabilirea relaţiilor cunoscute care dau valoarea curenţilor de scurtcircuit în maşinile sincrone. Expunerea referatului a fost urmată de numeroase discuţii.

Un interes deosebit a prezentat de asemenea comunicarea tov. conf. N. Gheorghiu şi asist. P. Militaru, asupra problemei „*Reţelele electrice după sistemul doi conductori-pămînt. Primele rezultate ale aplicării acestui sistem în R.P.R.*". Analiza rezultatelor concrete obţinute prin aplicarea acestui sistem de distribuţie în R.P.R. confirmă avantajele cunoscute şi îndreptăţeşte o aplicare a sa pe scară din ce în ce mai largă. Lucrarea a fost distinsă cu premiul II.

Lucrarea distinsă cu premiul III a fost prezentată de tov. conf. J. Boisnard. „*Metode de calcul pentru debitele minime pe teritoriul R.P.R.*" lucrare originală, în care autorul stabileşte prin consideraţii teoretice o serie de curbe medii necesare pentru calculul debitelor minime, luînd în considerare diferitele tipuri de rîuri din ţara noastră. Lucrarea prezintă o importanţă deosebită pentru studiile hidrologice şi hidroenergetice care se fac la diferite institute de specialitate.

Celelalte comunicări prezentate în secţia de energetică au fost următoarele:

Tov. conf. S. Călin: „*Metode de reglare automată, descentralizată a frecvenţei în sistemele energetice*" în care este expusă o schemă originală, care urmează să fie verificată în laborator.

Tov. conf. A. Arie şi ing. E. Arie au expus un studiu teoretic interesant „*Relativ la un criteriu de stabilitate statică*", urmat de numeroase discuţii.

Tov. lector G. Drăgan, a dezvoltat o lucrare de sinteză cu un bogat material documentar, avînd subiectul „*Depunerile de chiciură pe conductorii liniilor electrice aeriene*".

Tov. conf. R. Voinea în comunicarea „*Contribuţii la calculul mecanic al conductoarelor în staţiile electrice exterioare*" a expus o metodă originală generală şi exactă de calcul pentru aceste cazuri particulare de conductoare.

După terminarea comunicărilor, în seara zilei de 29 noembrie, a avut loc şedinţa plenară de închidere a sesiunii, cu care ocazie au fost anunţate şi lucrările premiate.

In concluzie se poate spune că această sesiune ştiinţifică a avut un real succes, întrucît comunicările prezentate s-au menţinut la un nivel ştiinţific înalt şi au tratat în general chestiuni legate strîns de problemele care se ridică în producţie. Dealtfel discuţiile, care au însoţit comunicările, au confirmat interesul deosebit pe care l-au prezentat atît pentru membrii corpului didactic cît şi pentru ceilalţi invitaţi.

Revista „Energetica şi Hidrotehnica" felicită Institutul Politehnic Bucureşti pentru aceste frumoase rezultate şi aşteaptă următoarea sesiune, în care să se arate şi alte aspecte ale activităţii ştinţifice a membrilor corpului didatic.

B. G. ZIMIN : „Construirea uzinelor electrice rurale". Editura de Stat pentru Literatură Agricolă, Moscova-Leningrad. (Traducere Editura Energetică de Stat — 1954).

În Uniunea Sovietică, sînt folosite din ce în ce mai mult rîurile mici care au un potențial hidroenergetic total de 20—30 milioane kW și numeroasele resurse locale de combustibil (turbă, șisturi bituminoase etc) pentru producerea de energie electrică cu ajutorul centralelor electrice de interes local. În acest mod, energia electrică poate fi utilizată cît mai mult în producția agricolă și pentru nevoi sociale, iar pe de altă parte nu se cere această energie centralelor mari, a căror producție de energie electrică este transportată în centrele industriale importante.

Mărirea nevoilor colhozurilor a făcut să se treacă de la construirea unor centrale mici, cu putere de 30—50 kW, la centrale de 100—150 kW, unele centrale intercolhoznice atingînd chiar puteri de mii de kW.

Printre centralele electrice rurale, uzinele hidroelectrice au avantajul unui preț de cost mai mic al energiei electrice, cheltuielile de investiție mai mari decît la centralele termoelectric fiind compensate de celelalte avantaje.

Pentru uzinele hidroelectrice, este importantă în primul rînd alegerea amplasamentului pe cursul de apă precum și stabilirea metodei de execuție a construcțiilor hidroelectrice. Aceste operații, dacă sînt realizate rațional, aduc o reducere a costului construcției, o simplificare a executării lucrărilor cum și reducerea termenelor de construcție.

În ce privește centralele termoelectrice, alegerea locului de construcție este legată de calea de acces la rezervele de combustibil local precum și sursa de aprovizionare cu apă de răcire.

Pentru motivele arătate, se dă atenție în lucrarea recenzată în deosebi uzinilor hidroelectrice și se generalizează experiența și metodele folosite la construirea diferitelor uzini hidroelectrice colhoznice.

Cartea „Construirea uzinelor electrice rurale" este alcătuită din șapte capitole.

În primul capitol, se dau elementele generale necesare pregătirii și începerii construcției. Se trec în revistă datele ce trebuie stabilite prin cercetări premergătoare întocmirii proiectului centralei electrice rurale și se arată alegerea metodei de execuție a lucrărilor într-o fază sau în 2—3 faze. Se dau clișee care reprezintă lucrări și scheme simple de construcție; se descriu aparatele folosite pentru lucrările principale.

Organizarea șantierului formează obiectul atenției autorilor. Se arată puterea electrică care trebuie folosită pe șantier și modul cum poate fi obținută; se descriu mașinile de construcție și transport și se dau caracteristicile geotehnice ale agregatelor folosite (pietriș, nisip etc).

În capitolul al doilea este tratată construcția batardourilor, abaterea apelor și epuizarea gropilor. Autorul descrie diferite categorii de batardouri și arată metodele cele mai simple de construcție, adecvate pentru uzinile hidroelectrice rurale: de pămînt, cu capre, palplanșe, căsoaie etc.

În același capitol, se examinează canalele și jgheaburile pentru trecerea debitului și se tratează evacuarea apei din gropile de fundație, cu ajutorul pompelor.

În capitolul al treilea, este descrisă efectuarea lucrărilor de săpături pentru șantierul unei uzine hidroelectrice; se arată modul de realizare atît pe cale manuală cît și prin mecanizarea de diferite grade, posibilă la o uzină hidroelectrică rurală.

Construirea barajelor din lemn, a jgheaburilor și a clădirilor uzinelor hidroelectrice sînt descrise în capitolul al patrulea al lucrării. Se dau descrieri și desene de detaliu pentru îmbinarea construcțiilor din lemn și se arată mașinile necesare mecanizării acestor construcții.

Capitolul al cincilea este intitulat: Construirea barajelor și a clădirilor din beton și beton armat, ale uzinelor hidroelectrice. În această parte a lucrării se arată modul de executare a lucrărilor de beton și se insistă — din cauza specificului climatic al multor regiuni din U.R.S.S. — asupra procedeelor de betonare în timpul iernii. Se dau schițe și desene pentru înlesnirea construcțiilor uzinelor hidroelectrice rurale.

Din cele șase capitole ale cărții, numai capitolul al șaselea tratează despre construcția centralelor termoelectrice.

Intitulat „Construirea clădirilor centralelor termoelectrice", capitolul cuprinde o descriere amănunțită a executării lucrărilor pentru amenajarea clădirii, a lucrărilor auxiliare, necesare în timpul construirii clădirilor centralei etc.

Lucrarea cuprinde, în două anexe, numeroase date și cifre privind producția realizată cu ajutorul concasoarelor, a betonierelor, transportoarelor, vibratoarelor cum și greutatea în kg/m³ a materialelor folosite la construirea centralelor electrice rurale.

Cartea „Construirea uzinelor electrice rurale", care face parte dintr-o serie de lucrări publicate de Editura de Stat pentru Literatura Agricolă din U.R.S.S., constituie un ajutor prețios pentru cei ce muncesc în domeniul electrificării agriculturii. Ea se adresează în special tehnicienilor constructori de uzine electrice rurale și poate folosi tuturor celor ce organizează șantiere hidroenergetice și termoenergetice mici cum și tuturor muncitorilor și tehnicienilor a căror activitate este legată de executarea lucrărilor în aceste centrale electrice rurale.

Expunerea tehnică a subiectului este făcută într-o formă accesibilă cadrelor medii de constructori iar numeroasele clișee înlesnesc însușirea datelor necesare. Cartea împărtășește cititorului experiența sovietică, care a dat rezultate foarte bune în electrificarea muncilor agricole și industriale legate de agricultură.

Ca o lipsă a traducerii trebuie menționată folosirea termenului de *uzine* electrice în loc de cel consacrat de *centrale* electrice.

G. M. KNORRING — M. K. HARCEV : „Rețelele electrice ale atelierelor din fabrici". (Traducere din limba rusă). Editura Energetică de Stat, 1954.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească rețelele moderne de alimentare electrică a atelierelor din fabrici și anume: siguranța, flexibilitatea, economia și executarea rațională, au cerut modificarea metodelor de proiectare și a tehnicii executării acestor lucrări. Au trebuit să fie rezolvate probleme de alegere a tensiunii și puterii rețelelor de alimentare, de determinarea sarcinilor, folosirea schemelor cu linii centrale, construirea rețelelor din bare etc.

Lucrarea recenzată face cunoscută cititorilor concepția tehnică nouă, cercetările care se fac în domeniul raționalizării permanente a alimentării cu energie electrică a atelierelor din fabrici și rezultatele obținute pe teren prin aplicarea acestor metode. Autorii examinează cîteva probleme, legate între ele prin obiectivul comun, și arată inginerilor și tehnicienilor atît căile de studiu cît și rezultatele obținute în exploatare, pe baza experienței proprii precum și a studiului de specialitate.

Încărcarea rețelelor electrice constituie obiectul primului capitol al lucrării. Întreprinderile industriale moderne încarcă rețelele electrice de alimentare cu sarcini foarte variate, din care nu se cunosc de multe ori decît caracteristicile și consumul specific de energie electrică al receptoarelor.

În acest capitol, se examinează metodele moderne de determinare a sarcinei electrice a rețelelor care alimentează atelierele industriale și se dau unele soluții, ținîndu-se seama de capacitatea de transport a conductoarelor și cablurilor, de condițiile de încălzire, de pierderile de energie în rețea etc.

Capitolul al doilea al lucrării este intitulat: Tensiunile rețelelor de atelier. După considerațiile generale privind

folosirea diferitelor tensiuni alternative, se arată că, în Uniunea Sovietică, deşi tensiunea de 380/220 V este întrebuinţată în mai toate ramurile industriale, totuşi în ultima vreme s-a pus problema măririi tensiunii nominale a reţelelor industriale, unii tehnicieni preconizînd mărirea tensiunii la 500V, la 660V şi chiar la 865 V. Prin această ridicare a tensiunii se urmăreşte reducerea investiţiilor necesare construirii staţiilor de transformatoare, micşorarea cosumului de metale nefe roase şi scăderea pierderilor de energie în reţea. În această problemă care mai este în curs de discutare, autorii se ocupă în special de mărirea tensiunii de la 380 la 660V.

Întreprinderile industriale moderne alimentîndu-se fie din sisteme energetice fie din uzine electrice proprii, prin staţii de transformare, lucrarea consacră capitolul al treilea problemei acestor staţii. Se descriu diferite tipuri de staţii : cu un transformator şi cu două transformatoare ; se arată importanţa aşezării acestor staţii de transformare în raport cu centralele electrice din care se alimentează industria respectivă.

Capitolul al patrulea tratează despre schemele reţelelor de forţă ale atelierului. Adoptarea, la proiectare, a schemei cu linii centrale sau a schemei radiale determină şi alte probleme : de distribuţie, de construcţie etc. Se compară schemele atît din punct de vedere teoretic cît şi al proiectării şi se prezintă diferite scheme de reţele de atelier, de grupe de transformatoare-linie centrală şi se descriu diferite construcţii legate de amplasarea în atelier.

Instalaţiile de iluminat, ocupînd 10—15% din consumul general de energie electrică al atelierelor moderne din fabricile metalurgice şi 20—25% al celor din industria uşoară, pe de altă parte aceste instalaţii fiind importante şi prin întinderea lor cum şi prin marele număr de derivaţii necesare, autorii le consacră special capitolul al cincilea al lucrării. Ei atrag atenţia asupra faptului că instalăţiile de lumină au de scop obţinerea unei anumite iluminări aşa că o comparaţie justă între diferitele variante se poate face numai folosind indici specifici raportaţi la iluminarea obţinută.

In capitolul al şaselea, se expune funcţionarea în paralel a transformatoarelor. Se examinează problema pierderilor de energie la funcţionarea separată şi în paralel a două transformatoare de aceeaşi putere. Se analizează şi cazul cînd în atelier sînt instalate mai multe posturi de transformare, fiecare avînd cîte un singur transformator şi alimentînd atelierul prin linii centrale care deservesc receptori mobili.

Compensarea puterii reactive constituie subiectul capitolului al şaptelea al lucrării. Problema măririi factorului de putere cerînd o compensare artificială a puterii reactive, această compensare se face în majoritatea întreprinderilor industriale (cu excepţia celor prea mici) prin montarea de condensatoare de forţă în reţelele primare de înaltă tensiune de 6—10 kV şi în reţelele de atelier de joasă tensiune, pînă la 500 V.

Un scurt capitol (capitolul VIII) este consacrat problemei densităţii economice a curentului. Alegerea schemei conductoarelor, care constituie o problemă tehnico-economică, se poate uşor rezolva dacă se admite drept secţiune optimă aceea care corespunde cheltuielilor minime de exploatare a reţelei.

Autorii tratează, în capitolul IX, problema reţelelor unificate. Aşezarea maşinilor schimbîndu-se din timp în timp mai ales în atelierele metalurgice, în funcţie de procesul tehnologic şi de schimbarea produselor fabricate, reţelele trebuie construite astfel încît să permită fără dificultăţi prea mari redistribuirea sarcinilor. Aceasta depinde de alegerea unei scheme potrivite, mai ales cu linii centrale, de folosirea canalizărilor care permit modificarea mai uşoară a conectărilor.

Folosirea liniilor centrale a cerut o repartizare cît mai raţională a materialului pe lungimea liniei. La liniile radiale este indicată folosirea de secţiuni uniforme pe toată lungimea liniei. In toate celelalte cazuri este bine să se micşoreze treptat secţiunea liniei, de la sursa de curent spre receptoare. Pentru alegerea numărului de trepte şi a raportului între secţiuni, sînt examinate în capitolul al zecelea, în paragrafe deosebite : alegerea în funcţie de capacitatea de transport, de densitatea economică a curentului şi de pierderea de tensiune.

După ce s-a examinat în capitolele precedente tendinţele moderne privind proiectarea reţelelor electrice din atelierele industriale, capitolul XI, de extindere foarte redusă, studiază succint executarea acestor reţele în lumina perfecţionărilor recente. Autorii arată că lucrările se pot face folosind metode noi de industrializare a montajului : sudura conductoarelor, folosirea bornelor, a dispozitivelor de fixare automată etc. dar accentuează că industrializarea montării reţelelor în atelier dă foloase numai în uzinele mari, unde montajul se poate desfăşura în condiţii reale de industrializare, iar nu în ateliere mici cu utilaj rudimentar.

In capitolul final, care tratează despre construirea reţelelor de atelier se arată cum tendinţa de a industrializa la maximum lucrările de montaj a constituit una din cauzele principale care au determinat ca în ultimele două decenii să se găsească soluţii constructive noi pentru acest fel de montaj. După ce expun numeroase modele de montaj, cu clişee şi scheme, autorii conchid că studierea metodelor moderne de montare a reţelelor electrice de atelier, cu toate că a dat pînă acum rezultate satisfăcătoare, nu a adus încă o soluţie definitivă a problemei aşa că este încă deschis un vast domeniu de activitate creatoare pentru inginerii şi tehnicienii din electroenergetică.

Scrisă pentru inginerii şi tehnicienii care se ocupă cu proiectarea şi executarea instalaţiilor de alimentare cu energie a întreprinderilor industriale, cartea cuprinde sub formă concisă, o amplă experienţă a terenului, pe care autorii o transmit cititorului în fiecare capitol şi prin concluziile fiecărei probleme tratate în carte. Interesul practic centrat pe fiecare problemă dezvoltată în capitolul respectiv, stilul curgător, numeroase figuri, scheme, grafice cum şi bibliografia care însoţeşte textul fac din cartea „Reţelele electrice ale atelierelor din fabrici" o lucrare de interes deosebit atît pentru specialişti cît şi pentru studenţii energeticieni.

ŞEVELIOV A. F. : Cercetarea legilor hidraulice de bază ale mişcării turbulente în conducte, Moscova, 1953, 208 pag.

Studiul legilor mişcării turbulente în conducte prezintă o deosebită însemnătate practică şi teoretică. Deşi conductele au o largă întrebuinţare în diferite ramuri ale tehnicii, calculul lor nu este încă pus la punct. Această situaţie este ilustrată de numărul mare de formule de calcul propuse pînă acum (peste 200), număr care dovedeşte în acelaşi timp şi importanţa problemei. O proiectare a conductelor corespunzătoare din punct de vedere tehnic şi economic, necesită verificarea formulelor propuse pînă acum şi găsirea unor metode de calcul mai avansate ; aceasta nu se poate face fără studiul legilor de bază ale mişcării turbulente în conducte. Pe de altă parte este cunoscut faptul că însăşi teoria turbulenţei se bazează în bună măsură pe studiul mişcării în conducte şi că acest studiu constituie verificarea valabilităţii unor propuneri de bază ale teoriei turbulenţei. Criticile aduse în ultimii ani, cercetărilor, socotite pînă acum exemplare, ale lui Nikuradze, care constituiau o confirmare a teoriei lui Prandtl şi Karman, arată actualitatea teoretică a unor cercetări asupra mişcării turbulente în conducte.

Intr-un articol apărut în 1947 într-una din publicaţiile Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. A. N. Ahutin atrăgea atenţia asupra rămînerii în urmă a hidraulicei conductelor (în special a cercetărilor experimentale), în comparaţie cu strălucita dezvoltare a hidraulicei inginereşti sovietice în domeniul albiilor deschise şi al construcţiilor. De atunci hidraulicienii sovietici au completat în bună măsură această lipsă, aşa încît şi în acest domeniu hidraulica sovietică se găseşte în frunte.

La dezvoltarea din ultimii ani a hidraulicei conductelor o contribuţie importantă aduc cercetările făcute la Institutul VODGEO de către F. A. Şeveliov. Rezultatele acestor cercetări sînt expuse în lucrarea recenzată.

Lucrarea are cinci capitole şi este completată cu 48 anexe conţinînd rezultatele bogatului material experimental care stă la baza ei.

In capitolul I este expusă situaţia actuală a cercetărilor teoretice şi experimentale asupra legilor mişcării turbulente în conducte şi sînt formulate problemele pe care autorul şi-a propus să le rezolve prin cercetările sale. Principalele probleme ale hidraulicei conductelor sînt problema rezistenţelor hidraulice şi problema distribuţiei vitezelor medii locale, strîns legate între ele. Analizînd cercetările lui Prandtl şi Nikuradze asupra acestor probleme, Seveliov se opreşte în special asupra valorilor „constantei universale" şi constantei deficitului vitezei medii pe secţiune

$$\beta \left(\frac{v_m - v}{v} = \frac{1}{x} \ln \frac{r}{y} = \beta \right)$$

scoţînd în evidenţă că x şi β nu sînt de fapt constante. In legătură cu lucrările lui Prandtl şi Nikuradze, trebuie arătat că este necesară şi actuală o prezentare sistematică a criticilor ce le-au fost aduse în special în ultima vreme; o asemenea privire generală nu există încă în literatura de specialitate. După ce analizează contribuţiile mai recente aduse în hidraulica conductelor, autorul formulează astfel scopul lucrării sale: „pe baza unor noi cercetări experimentale bogate a verifica şi la nevoie, a preciza şi corecta formulele existente care definesc legile hidraulice de bază ale mişcării uniforme turbulente în conductele circulare".

Capitolul II, „Experienţele de laborator" conţine descrierea instalaţiei şi aparaturii întrebuinţate, a felului în care s-au efectuat experienţele şi a modului de prelucrare a rezultatelor măsurătorilor directe. Au fost făcute experienţele cu conducte de oţel şi de fontă noi şi cu conducte cu rugozitate artificială, conductele avînd diametre între 15,55 şi 302 mm. S-a studiat şi influenţa diferitelor feluri de îmbinări asupra pierderilor de sarcină. Experienţele au fost făcute cu aer şi cu apă şi în total s-au stabilit prin experienţe 1 059 puncte experimentale pentru distribuţia vitezelor şi 1 355 puncte pentru rezistenţa conductelor. Materialul dat în acest capitol permite să se aprecieze valoarea rezultatelor obţinute. Descrierile de instalaţii şi aparatură şi de tehnică a experienţelor sînt de un real folos celor care lucrează în domeniul hidraulicii experimentale la noi în ţară; în special sînt interesante părţile care se referă la tuburile de măsurare a vitezelor, la prizele de presiuni, la crearea rugozităţii artificiale şi la modul de stabilire al diametrului conductelor cu ajutorul tuburilor de viteză. Numeroase indicaţii de detaliu sînt preţioase pentru a nu modifica epura vitezelor: tuburile de măsurare a vitezelor, trebuie să aibă un diametru de cel puţin 10 ori mai mic decît al conductei; modificarea epurei vitezelor la schimbarea de rugozitate se produce pe o porţiune lungă de aproximativ 15 diametre etc.

Capitolul III este consacrat studiului distribuţiei vitezelor în conducte. In afară de 49 de epure de viteză obţinute în laborator, au mai fost folosite şi 16 epure rezultate din măsurători în natură pe conducte cu diametre între 600 şi 1200 mm. Şeveliov consideră că formula logaritmică descrie mai bine distribuţia vitezelor decît celelalte formule (exponenţială, etc.). Pornind de la această premiză, Şeveliov se ocupă de valorile lui x şi β, ajunge la concluzia că x şi β nu sînt constante universale şi că ele depind de Re la tuburile netede şi de diametru la tuburile rugoase (indiferent de zonă) şi dă formulele pentru stabilirea valorilor x şi β. Pe baza acestor formule, Şeveliov stabileşte formule noi pentru distribuţia vitezelor în conducte netede şi rugoase. Un alt rezultat interesant este acela că distanţa de la peretele conductei pînă la punctul unde viteza este egală cu viteza medie pe secţiune se poate lua 0,24 r indiferent de diametrul şi rugozitatea conductei. In capitol se mai propune şi un procedeu simplu, bazat pe legătura între distribuţia vitezelor β şi x, de determinare a coeficientului de rezistenţă în conducte cu ajutorul stabilirii epurei vitezelor, fără a face măsurători, cîteodată dificile, de pierderi de sarcină şi de debite. Trebuie remarcat că deşi formulele de distribuire a vitezelor deduse de Şeveliov au fără îndoială o valoare practică mare, problema teoretică a distribuirii vitezelor rămîne mai departe deschisă, curoscute fiind defectele formulei logaritmice, care duce la rezultate absurde pentru vitezele la peretele şi în axa conductei. De asemenea forma dependenţei lui β de diametru este necesar să fie verificată pentru diametre mai mari de 1,20 m şi pentru alte tipuri de conducte care prezintă interes practic.

Capitolul IV „Rezistenţa hidraulică a conductelor" tratează în special problema formulelor pentru zona de tranziţie şi a rezistenţei conductelor cu diferite tipuri de îmbinări. Rezistenţa pentru zona patratică se deduce simplu şi repede pe baza legăturii dintre x şi distribuţia vitezelor. Şeveliov propune şi un tip de formule pentru zona intermediară. Interesante sînt concluziile asupra rezistenţelor conductelor cu îmbinări (rezultate cantitative generalizate sînt date pentru îmbinări sudate). Cu tot interesul pe care-l prezintă materialul acestui capitol provoacă unele obiecţiuni. Astfel: rămîne neclară problema zonei hidraulice netede; formulele pentru zona intermediară şi cea patratică nu dau coeficientul de rezistenţă în funcţie de rugozitate şi sînt lipsite din cauza aceasta de generalitate, intrînd în categoria aşa numitelor formule specializate; criteriul pentru trecerea din zona intermediară în zona patratică nu este de fapt nici el legat de rugozitate şi este lipsit de universalitate. In general acest capitol lasă impresia că s-a urmărit mai mult obţinerea unor formule de calcul pentru conducte de anumite tipuri, decît studiul problemei rezistenţei conductelor ceea ce bine înţeles nu poate decît să scadă din valoarea lucrării.

Ultimul capitol este consacrat problemei creşterii rezistenţelor conductelor în timpul exploatării lor, ajutorul ajungînd pînă la formule de calcul. Capitolul constituie mai mult o completare a capitolului IV în care s-a tratat problema rezistenţei conductelor noi.

De un mare folos pentru cei care se interesează de problemele tratate în lucrare sînt anexele cu rezultatele măsurătorilor. Cercetătorii în domeniul hidraulicei conductelor se izbesc în general de lipsa de date, deşi au făcute nenumărate studii experimentale şi măsurători în natură. Aceasta din cauza că datele directe nu s-au păstrat şi sînt publicate cel mult numai materiale prelucrate într-o formă inutilizabilă pentru cei care ar voi să atace problema dintr-un alt punct de vedere folosindu-se însă de acelaşi material. Lucrarea lui Şeveliov este lipsită de acest neajuns şi rezultatele măsurătorilor lui pot fi valorificate şi de alţi cercetători. In afară de aceasta, publicarea anexelor permite să se judece exactitatea rezultatelor şi să se aprecieze valoarea lor.

La sfîrşitul lucrării este dată o bibliografie (69 titluri) care cuprinde cea mai mare parte a lucrărilor sovietice şi principalele lucrări apusene în domeniul hidraulicei conductelor. Bibliografia dată este un ajutor şi un ghid preţios pentru cei care se interesează de problemele tratate în studiul recenzat.

In concluzie se poate spune că scopul lucrării, aşa cum a fost formulat de autorul ei, a fost în bună parte atins. Deşi lucrarea recenzată are unele lipsuri, ea reprezintă, fără îndoială o contribuţie importantă la studiul hidraulicei conductelor.

Revista „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA" organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice * Redacţia: Bucureşti, str. Ioan Ghica nr 3. Raion Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 şi 3.07.30 * Administraţia şi Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin * Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru, nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 * Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale dela oraşe şi sate, prin factorii poştali, la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi *la sediul Redacţiei din str. Ion Ghica nr. 3* * Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual; Preţul unui exemplar: lei 5.

CĂRȚI APĂRUTE ÎN

„EDITURA ENERGETICĂ DE STAT“

I. I. GUMIN:	**Circuitele secundare ale centralelor electrice.** Traducere din limba rusă 168 pag.	11,05 lei
A. E. ALEXEEV	**Construcția mașinilor electrice** Traducere din limba rusă 560 pag.	47,60 lei
A. A. GLAZUNOV ș. a.	**Culegere de probleme referitoare la rețelele sistemelor electrice.** Traducere din limba rusă 204 pag.	8,70 lei
N. N. MALOV:	**Curs de electrotehnică și radiotehnică** Traducere din limba rusă 504 pag.	22,00 lei
S. A. AVAEV ș. a.	**Echipamentul electric al intreprinderilor din industria ușoară.** Traducere din limba rusă 466 pag.	30,40 lei
M. I. OZERNOI:	**Electrotehnica minieră** Traducere din limba rusă 512 pag.	35,30 lei
V. S. POPOV ș. a.:	**Electrotehnica** Traducere din limba rusă 502 pag.	23,10 lei
S. E. HAIKIN:	**Oscilații întreținute.** Traducere din limba rusă 156 pag.	6,10 lei
I. M. POSTNIKOV:	**Proiectarea mașinilor electrice** Traducere din limba rusă 688 pag.	40,25 lei

Lei 5

E 2039

KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
UKRAINA - OSTRE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

2

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT — BUCUREȘTI

SUMARUL

Pag.

..: Noi perspective în dezvoltarea energeticii noastre 49

Csaba Nagy și *V. Caracudovici*: Stabilirea caracteristicilor energetice în întreprinderile cu producție omogenă 51

C. Dinulescu: Arderea gazelor bogate 58

A. Derigault: Focar universal pentru cazane de abur utilizînd combustibil inferior 65

D. Marc: Metodă simplificată de studiu grafico-analitic al supratensiunilor în stații. 69

S. Dulberg: Calculul instalațiilor de paratrăsnet. 75

A. Bărglăzan, V. Gheorghiu, I. Anton, I. Preda, F. Gyulai și *V. Anton*: Cercetarea unor distrugători de energie hidraulică 81

DIN EXPERIENȚA U. R. S. S.

I. Ciupuligă: Întrecerea socialistă ca mijloc pentru micșorarea consumului specific de combustibil și reducerea consumului de energie electrică, al serviciilor interne din centrale termoelectrice. . 88

PENTRU NOILE CADRE

Dorin Pavel: Stadiul actual și problemele de viitor ale amenajărilor hidroenergetice. 90

DIN VIAȚA A. S. I. T.

Ședința Consiliului Central A. S. I. T. 93

RECENZII 95

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * *: Новые перспективы развития нашей энергетики 49

Чобо Ногь и *В. Каракудович*: Определение энергетических характеристик на предприятиях с однородной продукцией 51

К. Динулеску: Сжигание богатых газов 58

А. Дериголт: Универсальная топка для паровых котлов работающих на низкосортном топливе . 65

Д. Марк: Упрощенный метод графо-аналитического исследования перенапряжений на подстанциях 69

С. Дулберг: Расчет молниеотводов 75

А. Барглазан, В. Георгиу, И. Антон, И. Преда, Ф. Гюлай, В. Антон: Исследование водобоев . . 81

ИЗ ОПЫТА С.С.С.Р.

И. Чупулига: Соцсоревнование — средство для снижения удельного расхода горючего и расхода электроэнергии на собственные нужды ТЭС . . 88

НОВЫМ КАДРАМ

Дорин Павел: Теперешнее положение и вопросы будущего гидроэнергетических устройств 90

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т.

Заседание Центрального Совета А.С.И.Т. 93

РЕЦЕНЗИИ 95

E 2039
ol

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 2 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

NOI PERSPECTIVE IN DEZVOLTAREA ENERGETICII NOASTRE

Comunicarea Guvernului Uniunii Sovietice, relativ la acordarea de ajutor tehnic-ştiinţific şi de producţie în ceea ce priveşte folosirea energiei atomice unui număr de ţări printre care şi ţara noastră, deschide noi şi interesante perspective în dezvoltarea economiei noastre energetice.

Prin posibilitatea folosirii în viitor a energiei atomice, sau mai exact a energiei nucleare, ca nouă sursă de energie pe lîngă celelalte surse naturale ale ţării noastre, potenţialul nostru energetic creşte sensibil. Totodată, datorită marii dezvoltări ce se va da în viitor valorificării acestei energii, sînt de aşteptat importante schimbări în balanţa noastră energetică globală, favorabile atît ca structură cît şi ca disponibilităţi.

Ar fi prematur a încerca de pe acum consideraţii asupra dezvoltării probabile a folosirii acestei noi forme de energie în diferitele domenii şi a anticipa asupra repercusiunilor în economia energetică. Se poate totuşi constata că posibilitatea folosirii acestei noi forme de energie, aduce în afara aspectelor calitative şi certitudinea acoperirii cantitative a tuturor cererilor de energie, cărora rezervele mondiale de energie hidraulică şi de combustibili cunoscute nu le-ar fi putut face faţă, după unele aprecieri, decît numai în viitorul apropiat. Cu potenţialul de circa 20.10^{15} kWh cît pare să reprezinte rezervele mondiale de uraniu apreciate actualmente ca exploatabile în condiţii economice şi care corespunde ca ordine de mărime cu potenţialul energetic al rezervelor mondiale de cărbuni, cererile globale de energie vor putea fi satisfăcute probabil şi mult după anul 2 000, cu toată creşterea mare aşteptată pentru consumul de energie în următoarele decenii.

Nu intră în cadrul acestei reviste să se insiste asupra multiplelor folosinţe ale elementelor radioactive artificiale care se produc în reactorii nucleari sau asupra posibilităţilor utilizării explozivilor atomici pentru mari lucrări de geniu civil printre care vor figura desigur şi importante lucrări cu caracter energetic. În acest cadru interesează în schimb posibilităţile de extragere a marilor cantităţi de căldură ce apar din energia liberată în reactorii nucleari, pentru a le folosi pe scară mare în scopuri energetice, deoarece în condiţiile actuale această cale este singura posibilă pentru valorificarea energiei nucleare în forme de energie direct utilizabile.

Dacă se lasă deocamdată la o parte aplicarea energiei atomice în domeniile transporturilor, în care pare a se necesita încă o activitate importantă de punere la punct şi se examinează numai aplicarea ei în domeniul marilor instalaţii energetice staţionare, valorificarea energiei atomice prin utilizarea căldurii din reactorii nucleari, se poate face principial în următoarele direcţii :

— *pentru alimentarea cu căldură a unor complexe industriale pentru scopuri tehnologice sau a unor mari centre populate pentru încălzire și acoperirea nevoilor gospodărești, prin intermediul unor centrale termice corespunzătoare;*

— *pentru alimentarea cu căldură a cazanelor de abur ale unor mari centrale termoelectrice pentru producerea de energie electrică, respectiv pentru alimentarea cu căldură a unor centrale funcționînd cu turbină cu gaze sau aer cald;*

— *pentru alimentarea cu căldură a cazanelor de abur ale unor centrale de termoficare, în care se produce combinat, într-un ciclu comun de mare randament, atît energie electrică cît și energie termică, care se distribuie apoi prin rețele corespunzătoare.*

Ca cifre orientative, se poate considera că energia care se eliberează prin reacțiile nucleare dintr-un gram de uraniu 235, este echivalentă cu cea care rezultă din arderea a 3 tone combustibil convențional. Dacă se ține însă seama de nașterea în reactorii nucleari alimentați cu uraniu 235 a unui nou combustibil nuclear — plutoniul — și de diferitele condiții și randamente ale proceselor practice, echivalența pentru producerea energiei electrice este de circa 1 g. uraniu natural față de 20 kg. cărbune convențional. In orice caz, se poate spune că ținînd seama și de influența investițiilor și a cheltuielilor de exploatare, prețul de cost al energiei în centralele atomoelectrice ajunge la o ordine de mărime comparabilă cu cel din centralele termoelectrice actuale, astfel încît nici din acest punct de vedere economic nu pot interveni elemente care să frîneze introducerea rapidă a folosirii acestei noi forme de energie.

In ceea ce privește țara noastră, de primă importanță va fi determinarea condițiilor tehnico-economice optime pentru încadrarea centralelor atomoelectrice în sistemele noastre energetice. Acest lucru va fi cu atît mai ușor cu cît pentru aceste centrale transportul de combustibil este practic inexistent, din care cauză se va dispune de o mai mare libertate în amplasarea lor, de care poate beneficia în deosebi realizarea lor ca centrale de termoficare, foarte aproape sau chiar în marile centre populate. Totodată, ar fi de dorit ca pe lîngă această activitate de determinare a condițiilor tehnic-economice optime în situația de la noi, oamenii de știință și tehnicienii noștri să poată aduce și contribuții tehnice proprii, care să constituie un aport al țării noastre la generalizarea folosirii acestei noi forme de energie în scopuri pașnice și constructive.

STABILIREA CARACTERISTICILOR ENERGETICE ÎN ÎNTREPRINDERILE CU PRODUCŢIE OMOGENĂ *)

Ing. CSABA NAGY şi ing. VICTOR CARACUDOVICI

Articolul de faţă are scopul de a da cadrelor din sectorul energetic industrial o primă informare despre modul cum trebuie privită şi rezolvată problema consumului de energie în industrie, cum se stabilesc normele energetice şi cum se face legătura între tehnologia şi energetica întreprinderii. Dat fiind importanţa deosebită a acestor probleme, redacţia solicită şi pe această cale o participare activă la desbaterea ei în coloanele acestei reviste.

Din hotărîrile plenarei lărgite a C.C. al P.M.R. din 19 — 20 august 1953 reiese că una din condiţiile importante pentru ridicarea nivelului de trai al maselor muncitoare din ţara noastră este economia severă dar judicioasă în toate domeniile.

În domeniul energeticei, această problemă chiar dacă a fost pusă în unele puncte din industria noastră, nu putea să dea roadele aşteptate pentrucă nu era fundamentată pe metode ştiinţifice în evidenţa, normarea, urmărirea şi reducerea consumului specific de energie.

În Uniunea Sovietică şi chiar în unele ţări de democraţie populară — problema analizei normării şi reducerii consumului de energie electrică se află într-un stadiu mult mai avansat decît la noi. În special, în Uniunea Sovietică, atît partea teoretică cît şi partea metodologică, au fost elaborate şi puse în aplicare în majoritatea sectoarelor industriale. Trebuie menţionat însă, că în deosebi în domeniul aplicaţiilor concrete în diferite ramuri industriale mai complexe au mai rămas o serie de probleme de rezolvat, care formează obiectul cercetărilor actuale în energetica industrială.

Sarcina noastră în acest domeniu este de a face cunoscut, de a ajuta la punerea în aplicare a rezultatelor obţinute deja în altă parte, de a aplica aceste metode la condiţiile specifice industriei noastre şi de a căuta noi căi pentru rezolvarea problemei în cazurile cele mai complexe.

Ca să ne dăm seama de importanţa economiei de energie pentru economia generală a ţării, este de menţionat că numai 1 — 2 procente economisite din consumul total de energie electrică reprezintă zeci de milioane de kWh — şi acest lucru se traduce pe de o parte în economia de combustibil din sectorul producător de energie electrică şi pe de altă parte prin economia cheltuielilor de investiţii pentru o centrală de cîteva zeci de mii de kW putere instalată.

În Uniunea Sovietică, numai în fabrica de rulmenţi „Koganovici", în anul 1951 s-au putut economisi 8 milioane kWh, energie electrică care reprezintă cantitatea de energie necesară pentru 25 milioane rulmenţi. Numai pentru producerea acestei cantităţi de energie electrică ar fi fost nevoie de o centrală cu o putere instalată de 1 000 — 1 500 kW.

Prima condiţie pentru ca economiile de energie electrică să fie puse pe baze solide şi să poată forma obiectul unei preocupări permanente, este introducerea unei evidenţe cît mai serioase a consumului de energie şi controlul permanent al lui.

Guvernul nostru, a dat importanţă acestei probleme, întrucît într-o serie de ramuri industriale au aparut sarcini concrete încă din 1954 în legatura cu analiza şi normarea consumului de energie electrică şi a hotărît înfiinţarea inspecţiei energetice, care are ca una din sarcinile de bază, urmărirea consumului de energie în industrie.

Introducerea unei evidenţe cît mai detaliate şi a unui control riguros este condiţia înfiinţării unui sistem premiat judicios în legatură cu economisirea de energie şi în acelaşi timp condiţia de a se naşte o mişcare de inovatori şi de a se completa obiectivele întrecerilor socialiste cu teme de acest gen.

Indicele consumului de energie nu este numai o măsură pentru utilizarea energiei, ci în acelaşi timp un indicativ foarte sensibil în ceea ce priveşte desfaşurarea întregului proces tehnologic. Dacă două agregate de acelaşi tip, funcţionînd în paralel, au consumuri specifice de energie electrică diferite la aceiaşi **productivitate** sau dacă acelaşi agregat în perioade diferite are consumuri specifice neegale la aceiaşi productivitate trebuie cercetată cauza schimbarii survenite — şi în general — vom găsi deficienţele în tehnologia fabricatului.

În studiul de faţă s-au ales întreprinderile cu producţie omogenă pentrucă tratarea lor este mai simplă şi facilitează înţelegerea problemelor. Trebuie menţionat însă că, făcînd anumite modificări în metodele elaborate aici, ele se aplică şi la procedee tehnologice mai complexe, sau la întreprinderi cu producţie neomogenă (ex. industria construcţiilor de maşini). În acelaşi timp, trebuie arătat că un număr important de consumatori mari de energie intră în categoria analizată aici (industria minieră, industria

*) *Din cercetările Institutului de Energetică al Academiei R. P. R.*

materialelor de construcţii, industria chimică, siderurgia etc).

Articolul acesta nu se preocupă de problema creşterii sau descreşterii absolute a consumului de energie pe ramură sau pe întreprindere. Este natural ca în legătură cu ritmul rapid de dezvoltare al industriei socialiste, consumul de energie să crească continuu, odată cu construirea noilor întreprinderi, cu mecanizarea şi automatizarea proceselor tehnologice. Se va trata numai consumul de energie în valoare relativă, raportat la unitatea de producţie, ceea ce s-a numit consum specific de energie.

Deşi deocamdată, la noi în ţară se studiază consumul specific de energie electrică, totuşi nu trebuie pierdut din vedere faptul că, într-un viitor foarte apropiat se va ataca şi problema consumului complex de energie; însă această limitare temporară, nu trebuie privită ca un mod unilateral sau îngust de atacare a problemei. Consumul specific de energie electrică este în strînsă legătură atît cu toate celelalte consumuri de energie, cît şi cu desfăşurarea procesului tehnologic şi ca atare este un indice foarte important pentru mersul procesului de producţie.

Consumul specific de energie electrică este raportul dintre energia electrică consumată de o fabrică, secţie sau agregat într-un timp dat, şi producţia realizată de acelaşi grup tehnologic în acelaşi timp

$$w = \frac{W}{V} \qquad (1)$$

unde :

w este consumul specific de energie electrică ;
W — energia consumată în timpul considerat t ;
V — volumul producţiei realizate în acelaşi timp t.

Numărătorul acestui raport se exprimă pentru energia electrică în kWh şi măsurarea lui se face cu contori electrici care trebuie montaţi în aşa fel încît să măsoare energia electrică consumată exclusiv în linia tehnologică respectivă sau pentru operaţia tehnologică respectivă. Numitorul acestui raport va fi exprimat în unităţile care figurează în mod normal în evidenţa de producţie a fabricei şi care pot fi măsurate cu suficientă precizie în intervalele de timp considerate (tone, buc., m², etc.). Numai în cazul în care această raportare la unităţile naturale ar prezenta greutăţi prea mari se trece la unităţi convenţionale şi îndeosebi la raportarea pe valoarea producţiei (ex. : kWh/1 000 lei) cazuri care de altfel nu se întîlnesc la producţia omogenă.

Dacă se împarte acest raport la numărător şi la numitor cu perioada de timp calendaristic t, se obţine la numărător $\frac{W}{t} = P_{med}$ puterea medie pe intervalul considerat şi $\frac{V}{t} = A_{med}$ productivitatea medie a intervalului. Atît consumul specific cît şi caracteristicile energetice se exprimă în general prin dependenţa valorilor instantanee ale puterii şi productivităţii agregatului, ceea ce este echivalent cu alegerea unei perioade de timp — infinit mică pentru raportarea energiei şi producţiei.

În mod practic însă, aceste valori se raportează nu la momente elementare de timp, ci la perioade mai lungi (ore, schimburi, zile), ca valori medii.

Se menţin însă notaţiile (P şi A) pentrucă mărimile acestea au din punct de vedere dimensional semnificaţiile de putere, fiindcă reprezintă un raport între cantitate de energie şi un timp de productivitate pentru că exprimă de asemenea o producţie raportată la timp.

De aici rezultă că pentru analiza consumului specific de energie electrică este necesar să se cunoască consumul de energie electrică, pe de o parte şi pe de altă parte cantitatea de producţie, amîndouă valorile raportate la perioada respectivă de timp. Această perioadă trebuie să fie aleasă în aşa fel, încît să fie cît mai scurtă pentru ca aproximaţia făcută să fie cît mai bună şi totuşi să oglindească un ciclu terminat de producţie. De asemeni să avem garanţia că producţia măsurată în acest interval să nu fie falsificată de stocajele intermediare sau de producţia neterminată. Aceste perioade pot fi : ora, schimbul, ziua etc.

Din cele expuse mai sus, rezultă că înainte de a trece la acţiunea analizei şi normării consumului specific de energie electrică, trebuie întocmită o schemă tehnologică a fabricii, indicînd punctele cu posibilităţi pentru măsurarea şi controlul producţiei şi o schemă electrică monofilară de unde să reiasă clar toate căile de alimentare cu energie electrică şi punctele unde sînt, sau trebuie montaţi contorii electrici. După aceasta, se trece la o sistematizare a reţelei electrice, montînd contori noi, sau regrupîndu-i pe cei existenţi, avînd în vedere în special separarea acelor consumatori care nu sînt în directă legătură cu linia tehnologică : (colonie, creşe, şantiere auxiliare, birouri etc.). Se fixează punctele de control şi se iau măsurile necesare pentru corespondenţa cu evidenţa producţiei. De asemenea se va verifica aparatajul de măsură, şi în paralel starea aparatajului tehnologic. Toate acestea se fac cu scopul de a nu se analiza datele de consum specific de energie electrică într-o perioadă anormală sau de funcţionare defectuoasă a întreprinderii.

Problema analizei ca atare, prezintă două aspecte : analiza consumurilor specifice pe întreaga fabrică şi analiza consumului specific pe secţii, sau chiar pe agregatele mai importante. Se poate începe cu unul dintre aceste aspecte, însă este recomandabil să se înceapă cu studiul pe total, pentrucă această metodă cere mai puţine investigaţii şi dă posibilitatea ca problema consumului specific să fie abordată şi rezolvată într-o primă aproximaţie de cît mai multe întreprinderi. De asemeni, stabilindu-se normele pe întreprinderi, se poate trece la o planificare cît mai justă a producţiei şi repartiţiei energiei electrice, care contribuie la buna

gospodărire şi organizare a sectorului producător de energie electrică.

A doua parte a problemei, stabilirea consumului specific pe secţii şi pe agregate, este legată de aspectul reducerii consumului specific, de analiza profundă a cauzelor pierderilor exagerate în reţelele interne şi în aparatajul tehnologic. Asupra acestei probleme, însă se va reveni în alte articole de detalii.

Valoarea consumului specific sub forma raportului definit mai sus nu este o constantă, nici în cazul aceleiaşi fabrici şi nici pentru acelaşi produs, ci depinde de o serie de parametri, printre care cel mai important este productivitatea (A). Deci se va considera că $P = f(A)$ şi $w = \varphi(A)$ (unde P este puterea medie în kWh/perioada aleasă şi w este consumul specific kWh/unitate de produs) în consecinţă, atît consumul specific cît şi consumul total nu sînt mărimi constante, ci sînt variabile şi acest caracter variabil se exprimă prin caracteristicile energetice ale secţiei, agregatului sau procesului tehnologic respectiv.

În majoritatea covîrşitoare a cazurilor, caracteristica $P = f(A)$, în limitele variaţiei practice a productivităţii, în special pentru analiza întregii întreprinderi este o dreaptă care taie axa ordonatelor deasupra originii cu mărimea P_0 care reiese împărţind energia constantă independent de mărimea producţiei prin timpul unei perioade, şi care reprezintă în majoritatea cazurilor mersul în gol al agregatului, secţiei sau fabricei; ea este de forma:

$$P = P_0 + \alpha A \qquad (2)$$

unde α este coeficientul unghiular al dreptei.

Deci, curba consumului specific este o iperbolă şi este de forma:

$$w = \frac{P}{A} = \frac{P_0}{A} + \alpha. \qquad (3)$$

Aceste curbe reprezentate în fig. 1 sînt caracteristicile energetice ale unităţii tehnologice respective.

Caracteristicile energetice mai pot avea şi alte forme de ex. $P = P_0 + \alpha A^p$ unde p poate să fie mai mic, mai mare sau egal cu 1. Întrucît în majoritatea covîrşitoare a cazurilor $P = f(A)$ se poate asemui cu o dreaptă, nu se tratează decît acest caz.

Pentru ridicarea practică a caracteristicilor energetice, se trece la înregistrarea periodică a datelor de consum de energie electrică şi de producţie, în unităţile fixate. Aceste date pot fi introduse în diagrame şi dau o familie de puncte, printre care trebuie să treacă caracteristicile energetice. În general, însă, caracteristicile nu trec prin toate aceste puncte, ci se încadrează printre ele, datorită erorilor aparatajului de măsură, sau erorilor de altă natură, care nu au putut fi prinse integral în analiza fiecărui punct. Prin această familie de puncte obţinute din datele măsurate, se pot trasa curbele caracteristice energetice, fie prin aprecierea cu ochiul liber a legii de variaţie, fie prin metode mai precise, bazate pe calculele statisticei matematice.

În cele ce urmează ne vom ocupa de trasarea acestor curbe, aplicînd criteriul minimului sumei pătratelor abaterilor de la curbă.

Considerînd punctele din fig. 2 se calculează analitic suma pătratelor abaterilor (Q) cu relaţia:

$$Q = \sum_{i=1}^{m} [P_i - f(A_i)]^2 \qquad (4)$$

unde m este numărul punctelor măsurate.

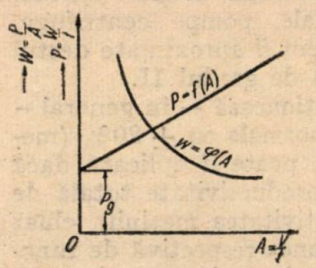


Fig. 1

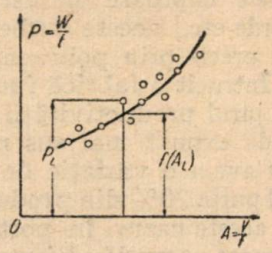


Fig. 2

În calcule practice, pentru ca metoda să dea rezultate cu o eroare acceptabilă, trebuie să avem măsurate minimum 20 — 25 puncte.

Presupunem că printre aceste puncte s-ar putea trasa o curbă caracterizată printr-un polinom de forma:

$$f(A) = C_0 + C_1 A + C_2 A^2 + \ldots C_n A^n \qquad (5)$$

unde C_0, C_1, $C_2 \ldots C_n$ sînt coeficienţi constanţi.

Se remarcă de la început că această presupunere nu este obligatorie şi că există şi alte funcţii de la care se poate pleca. Practica arată însă că această funcţie poate aproxima legea de variaţie în majoritatea cazurilor şi este forma cea mai utilizată în calculele matematicei statistice în acest domeniu.

Înlocuind în expresia (4), obţinem:

$$Q = \sum_{i=1}^{m} [P_i - C_0 - C_1 A - \ldots - C_n A^n]^2 \qquad (6)$$

Condiţia ca suma pătratelor abaterilor să fie minimă este ca derivata parţială a expresiei analitice a ei în raport cu $C_0, C_1, \ldots C_n$ să fie nulă, adică să fie îndeplinită condiţia:

$$\frac{\partial Q}{\partial C_0} = \frac{\partial Q}{\partial C_1} = \frac{\partial Q}{\partial C_2} = \ldots = \frac{\partial Q}{\partial C_n} = 0. \qquad (7)$$

Astfel se obţin aşa numitele ecuaţii normale:

$$mC_0 + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i + C_2 \sum_{i=1}^{m} A_i^2 + \ldots + C_n \sum_{i=1}^{m} A_i^n = \sum_{i=1}^{m} P_i$$

$$C_0 \sum_{i=1}^{m} A_i + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i^2 + C_2 \sum_{i=1}^{m} A_i^3 + \ldots$$

$$\ldots + A_n \sum_{i=1}^{m} C_i^{n+1} = \sum_{i=1}^{m} A_i P_i$$

.....

$$C_0 \sum_{i=1}^{m} A_i^n + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i^{n+1} + C_2 \sum_{i=1}^{m} A_i^{n+2} + \ldots$$

$$\ldots + C_n \sum_{i=1}^{m} A_i^{2n} = \sum_{i=1}^{m} A_i^n P_i$$

Precizia aproximării depinde de gradul polinomului cu care aproximăm familia de puncte. Trebuie însă arătat că odată cu creşterea gradului, calculele se complică şi devin tot mai laborioase.

În general, ne oprim la aproximaţia de gradul I, întrucît întreaga experienţă arată că majoritatea caracteristicilor energetice $P = f(A)$ sînt drepte în intervalul util de lucru. În unele cazuri (ventilatoare centrifuge, unele maşini textile, unele cuptoare industriale, pompe centrifuge, carde etc.) aceste curbe pot fi aproximate destul de precis prin polinomul de gradul II.

Întrucît o fabrică funcţionează — în general — în jurul productivităţii normale cu $\pm 20\%$ (metoda expusă mai sus nu poate fi aplicată dacă nu avem o variaţie de productivitate totală de cel puţin 20% din productivitatea maşinii), chiar în aceste cazuri în porţiunea respectivă de funcţionare normală, diferenţa între dreaptă şi curba de gradul II este foarte mică. Eroarea este mai mare însă, în porţiunea neproductivă a fabricei sau a agregatului către productivitatea zero, care însă, pentru gradul de adîncire al studiului de faţă nu interesează prea mult.

În acest articol se vor trata mai pe larg expresiile pentru aproximaţia cu un polinom de gradul I şi se va indica pe scurt şi aproximaţia printr-un polinom de gradul al II-lea.

În cazul aproximaţiei lineare, ecuaţiile normale se reduc la:

$$\begin{aligned} mC_0 + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i &= \sum_{i=1}^{m} P_i \\ C_0 \sum_{i=1}^{m} A_i + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i^2 &= \sum_{i=1}^{m} A_i P_i \end{aligned} \qquad (9)$$

unde coeficientul C_0 este tocmai porţiunea tăiată pe axa ordonatelor de dreapta $P = f(A)$ care corespunde consumului constant notat P_0 şi coeficientul C_1 reprezintă tocmai panta dreptei notată cu α.

În cazul înlocuirii notaţiilor, ecuaţiile devin:

$$\begin{aligned} mP_0 + \alpha \sum_{i=1}^{m} A_i &= \sum_{i=1}^{m} P_i \\ P_0 \sum_{i=1}^{m} A_i + \alpha \sum_{i=1}^{m} A_i^2 &= \sum_{i=1}^{m} A_i P_i \end{aligned} \qquad (10)$$

În cazul aproximaţiei de gradul al II-lea ecuaţiile au forma:

$$\begin{aligned} mC_0 + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i + C_2 \sum_{i=1}^{m} A_i^2 &= \sum_{i=1}^{m} P_i \\ C_0 \sum_{i=1}^{m} A_i + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i^2 + C_2 \sum_{i=1}^{m} A_i^3 &= \sum_{i=1}^{m} A_i P_i \\ C_0 \sum_{i=1}^{m} A_i^2 + C_1 \sum_{i=1}^{m} A_i^3 + C_2 \sum_{i=1}^{m} A_i^4 &= \sum_{i=1}^{m} A_i^2 P_i \end{aligned} \qquad (11)$$

unde C_0, C_1, C_2 sînt coeficienţii parabolelor de gradul II.

Din ecuaţiile (10), cunoscînd cantităţile

$$m;\ \sum A_i;\ \sum A_i^2;\ \sum A_i P_i;\ \sum P_i$$

care se obţin din citirile directe, şi însumarea lor, se poate determina P_0 şi α cu care se pot întocmi ecuaţiile caracteristicilor energetice, care sînt după cum s-a preconizat, de forma:

$$\begin{aligned} P &= P_0 + \alpha A \\ w &= \frac{P_0}{A} + \alpha. \end{aligned} \qquad (12)$$

Dacă aproximaţia se face cu polinomul de gradul al II-lea ecuaţiile caracteristicilor energetice au forma:

$$\begin{aligned} P &= C_0 + C_1 A + C_2 A^2 \\ w &= \frac{C_0}{A} + C_1 + C_2 A. \end{aligned} \qquad (13)$$

Coeficienţii acestor două forme nu sînt identici, expresia de gradul al II-lea nu numai că primeşte un termen în plus, dar schimbă şi coeficienţii ca valoare numerică.

După ce am făcut considerentele de mai sus pentru aplicarea metodei minimului sumei patratelor abaterilor, să luăm un exemplu practic pentru a uşura urmărirea procedeului.

S-a luat, spre analiză, o întreprindere normală cu producţie omogenă, funcţionînd permanent în trei schimburi. În urma analizei făcute, după criteriile enunţate mai sus, în cazul respectiv perioada cea mai concludentă pentru studiul caracteristicilor energetice este de 24 ore. S-au înregistrat valorile producţiei realizate şi ale energiei consumate pentru fiecare zi, timp de 24 zile, ceea ce este suficient pentru aplicarea metodei expuse mai sus.

În prima ordine se întocmeşte tabela 1, în care se trece: în coloanele 1, 2, 3 durata perioadei de măsură; în coloanele 4 şi 5 producţia şi consumul înregistrat; în coloana 6 consumul specific obţinut pentru fiecare punct, în coloana 7 pătratul productivităţii şi în coloana 8 produsul dintre productivitate şi consum, pentru fiecare punct în parte.

Înlocuind valorile obţinute prin totalizarea coloanelor 4, 5, 6 şi 7 în ecuaţiile (10), obţinem:

$$\begin{aligned} 24\, P_0 + 2619{,}892\, \alpha &= 57\,555{,}870 \qquad (14) \\ 2619{,}892 P_0 + 287\,208{,}299 \alpha &= 6\,302\,712{,}738 \end{aligned}$$

din a căror rezolvare se obţine:

$$\alpha = 16{,}29 \text{ kWh/t}$$

$$P_0 = 619{,}91 \text{ kWh/zi}.$$

Cu aceste valori, se obţin ecuaţiile caracteristicilor energetice care sînt:

$$\begin{aligned} P &= 619{,}91 + 16{,}29\, A \\ w &= \frac{619{,}91}{A} + 16{,}29. \end{aligned} \qquad (15)$$

S-au luat şi s-au reprezentat grafic punctele înregistrate în diagrama din fig. 3 avînd în abscisă producţia zilnică şi în ordonată consumul de energie (în stînga) şi consumul specific de

Tabela 1

Nr. crt.	Durata perioadei			Datele înregistrate		w Consum specific kWh/t	Date calculate	
	Anul	luna	ziua	A-Producţie t/zi	P-Consum kWh/zi		A^2	$A.P$
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1954	Aug.	22	105,540	2471,658	23,41	11138,691	260858,785
2	"	"	23	92,247	2139,361	23,19	8509,509	197349,634
3	"	"	24	110,737	2322,205	20,97	12262,683	257154,015
4	"	"	25	111,644	2320,267	20,78	12464,382	259043,888
5	"	"	26	113,558	2216,973	19,52	12895,419	251755,019
6	"	"	27	109,044	2343,961	21,49	11890,593	255594,883
7	"	"	28	105,037	2392,228	22,78	11032,771	251377,489
8	"	"	29	105,567	2351,177	22,27	11144,391	248206,702
9	"	"	30	101,330	2343,850	23,13	10267,768	237501,320
10	"	"	31	122,165	2461,683	20,15	14924,287	300731,503
11	"	Sept	1	106,535	2206,076	20,70	11349,706	235024,306
12	"	"	2	106,110	2262,313	21,32	11249.332	240054,032
13	"	"	3	112,753	2361,541	20,94	12713,239	266270,832
14	"	"	4	106,794	2257,272	21,13	11404,958	241063,105
15	"	"	5	112,912	2539,792	22,49	12749,119	286772,994
16	"	"	6	110,652	2235,243	20,20	12243,865	247334,108
17	"	"	7	97,706	2264,034	23,17	9546,462	221209,706
18	"	"	8	102,933	2199,683	21,37	10595,202	226419,970
19	"	"	9	120,417	2397,720	19,91	14500,253	288726,249
20	"	"	10	114,924	2423,989	21,09	12307,525	278574,511
21	"	"	11	110,355	2350,742	21,30	12178,226	259416,133
22	"	"	12	117,117	2810,810	24,00	13716,391	329193,634
23	"	"	13	102,771	2678,117	26,05	10561,878	275232,762
24	"	"	14	121,044	3204,175	26,47	14651,649	387846,158
			Total . . .	2619,892	57555,870	—	287208,299	6302712,738

energie (în dreapta), la scări convenabile. De asemenea, s-au reprezentat grafic curbele $P = f(A)$ şi $w = \varphi(A)$ în aceeaşi diagramă.

Curbele astfel obţinute reprezintă caracteristicile energetice ridicate pe întreprinderea respectivă în etapa respectivă. Ele pot fi extrapolate pe întreg anul, dacă în procesul tehnologic nu există diferenţe sensibile de consum între diversele perioade de timp datorită temperaturii, umidităţii sau altor factori climatologici. În cazul că există aceste diferenţe, se repetă calculul pentru fiecare perioadă caracteristică.

Dacă unul sau mai multe din punctele reprezentate pe diagramă se abat mai mult de la regula de variaţie a celorlalte, atunci se analizează pentru fiecare în parte cauzele care au produs abaterea exagerată a lor şi punctele respective se elimină refăcîndu-se calculul.

În exemplul de mai sus, se abat mai mult de la variaţia normală trei puncte încercuite

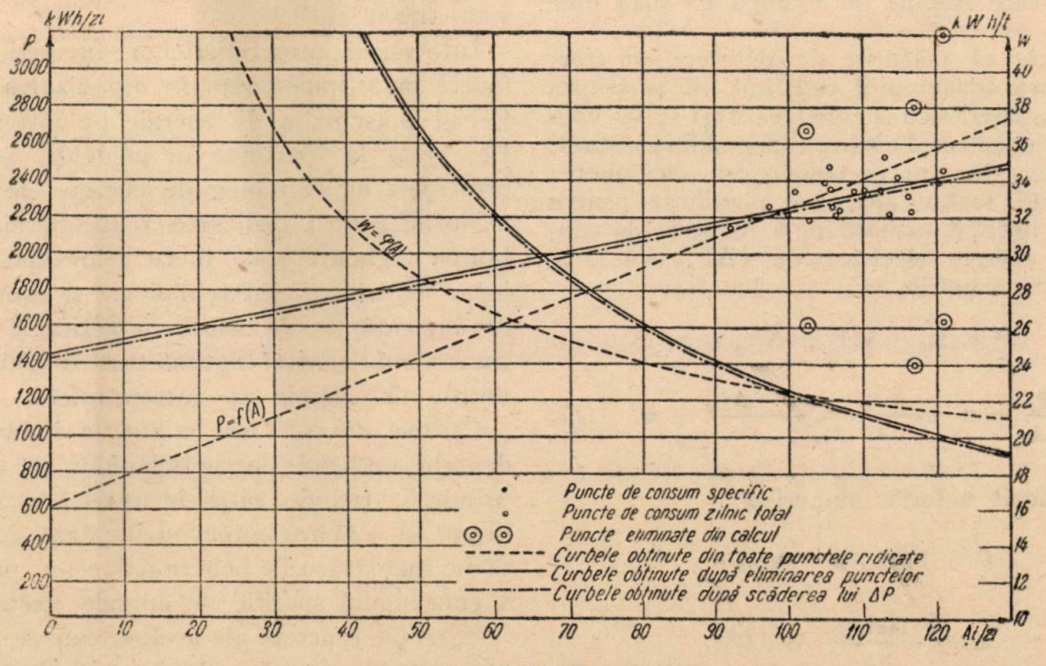


Fig. 3. Caracteristicile energetice.

pe diagramă şi constatîndu-se că acestea sînt datorite faptului că în zilele respective exploatarea agregatelor a fost defectuoasă, ele au fost eliminate din calcul, considerîndu-le ca urmarea unui regim tehnologic anormal.

După îndepărtarea celor trei puncte, ecuaţiile caracteristicilor energetice capătă forma :

$$P = 1449{,}94 + 8{,}08\,A$$

$$w = \frac{1449{,}94}{A} + 8{,}08. \qquad (16)$$

S-au trasat noile caracteristici energetice pe aceeaşi diagramă.

Scopul normării este stabilirea unor prescripţii de consum specific de energie care să asigure un progres sigur faţă de situaţia existentă, sau cu alte cuvinte să aibe un caracter mobilizator. Pentru că toate punctele din diagramă sînt deja obţinute, curba normată a consumului specific trebuie să fie undeva mai jos, cu o mărime oarecare rezultată din considerentele economiei de energie aplicate procesului tehnologic.

Pentru aceasta este recomandabil să se analizeze cauzele care au dus la consumuri specifice mai mici (deci analizarea punctelor de sub dreaptă) şi motivul se va găsi în general în condiţiile de funcţionare şi exploatare ale agregatelor, în pregătirea mai bună a materiei prime, în reducerea golurilor de producţie, etc. Aceste cauze trebuie permanentizate prin măsuri speciale pentru reducerea consumului specific de energie electrică care trebuie luate după un plan bine stabilit.

Cu toate că măsurile de reducere au efect atît asupra consumului constant cît şi asupra pantei caracteristicii energetice totuşi se va considera numai efectul asupra consumului constant, întrucît acesta are ponderea cea mai mare.

În cazul tratat aici, s-a planificat pentru perioada imediat următoare o reducere de consum de energie electrică de $(\Delta P_g) = 1{,}25\%$. Cu aceasta ecuaţiile (12) vor lua forma :

$$P = P_g + \alpha A - \Delta P_g$$

$$w = \frac{P_g}{A} + \alpha - \frac{\Delta P_g}{A} = \frac{P_g - \Delta P_g}{A} + \alpha. \qquad (17)$$

S-au înlocuit valorile numerice :

$$P = 1431{,}81 + 8{,}08\,A$$

$$w = \frac{1431{,}81}{A} + 8{,}08.$$

Aceste curbe pot servi pentru fundamentarea normării consumului specific de energie electrică în întreprinderea respectivă.

În cazul cînd productivitatea unităţii nu variază în limite suficiente pentru trasarea unei caracteristici energetice, atunci analiza se face pe o singură valoare obţinută din media ponderată a înregistrărilor, aplicîndu-se toate celelalte prelucrări ca la exemplul dat.

Se poate calcula valoarea numerică a minimului sumei patratice adunînd grafic sau analitic pătratul fiecărei abateri de la curbă, conform expresiei (4). De aici se poate deduce abaterea standard cu formula :

$$q = \sqrt{\frac{Q}{m}}. \qquad (19)$$

Mai departe pentru a se putea calcula abaterea medie relativă, se adună toate ordonatele obţinute prin măsurători directe ($\sum P_i$), se împart cu numărul de puncte (m) şi se obţine astfel media consumului de energie :

$$P'_{med} = \Sigma P_i / m$$

Raportat la perioada de timp.

Abaterea relativă procentuală va fi în consecinţă :

$$\varepsilon\% = \frac{q}{P_{med}} \times 100 \qquad (20)$$

şi ea serveşte la determinarea erorii cu care s-au trasat curbele.

Întocmirea caracteristicilor energetice are o foarte mare importanţă în organizarea producţiei şi consumului de energie pe întreprindere. Ele ajută la scoaterea în evidenţă a surselor principale de economie de energie electrică cu măsurile pentru realizarea reducerii lor la stabilirea regimurilor de lucru celor mai avantajoase pentru utilajul tehnologic şi energetic, la fundamentarea normelor energetice şi la efectuarea unui control riguros pentru toate consumurile de energie pe întreprindere.

Cadrele din sectorul energetic industrial, în deosebi serviciul energeticianului şef al întreprinderii, trebuie să-şi însuşească metoda de lucru, să o aplice corect şi în afară de aceasta să ia toate măsurile pentru reducerea progresivă a consumului specific de energie electrică.

Sarcinile concrete ale acelora care se ocupă cu normarea consumului de energie electrică sînt în deosebi următoarele :

a) întocmirea schemelor electrice şi tehnologice ale fabricii ;

b) organizarea evidenţei prin modificările necesare în instalaţia electrică interioară ;

c) fixarea perioadei de înregistrare şi luarea măsurilor pentru efectuarea lor corectă ;

d) înregistrarea valorii consumului de energie electrică şi a producţiei pe perioada respectivă ;

e) întocmirea caracteristicilor energetice şi analiza datelor obţinute din măsurători ;

f) propunerea de măsuri de reducere a consumului specific de energie electrică, evaluate procentual ;

g) propuneri de norme energetice ;

h) controlul îndeplinirii normelor.

În urma acestei prime acţiuni de normare, se creiază condiţiile pentru analiza mai adîncă a consumului specific pe secţii, pe agregate etc, şi în legătură cu aceasta se trece la a doua fază a problemei, la aflarea şi aplicarea măsurilor de reducerea consumului specific de energie electrică, operaţie care cere în general studii mai aprofundate. Normele odată stabilite nu pot fi considerate ca definitive, ci ca norme progresive, care vor fi modificate în măsura scoaterii la iveală a rezervelor interne.

Normele de consum specific sînt în strînsă legătură cu starea aparatajului, cu gradul de mecanizare a procesului şi cu procesul tehnologic respectiv. De aceea, orice modificare esenţială în procesul tehnologic şi în utilajul fabricei respective, trebuie să atragă după sine şi revizuirea normelor energetice.

Normele de consum specific sînt şi trebuie să fie un factor puternic de mobilizare a muncitorilor, tehnicienilor şi inginerilor pentru introducerea unei economii energetice raţionale şi în acelaşi timp un stimulent puternic pentru inovatorii şi raţionalizatorii din domeniul energetic industrial.

Introducerea normelor de consum specific de energie electrică pentru toate produsele industriale importante este una din sarcinile urgente ale acţiunii de planificare a întregii economii naţionale, ele fiind un instrument puternic de evidenţă, control şi stimularea progresului tehnic în construcţia socialismului şi în acelaşi timp strîns legate de introducerea tehnicei celei mai avansate.

Bibliografie:

[1] *Gofman I. V.* : Bazele normării şi analizei consumului de energie în industrie (traducere din limba rusă), Ed. Energetică de Stat, 1952.

[2] *Avilov B. N.* : Consumul total şi specific de energie, electrică al minelor de cărbuni în funcţie de productivitatea lor, (Promîşlenaia Energhetica, nr. 4/1950).

[3] *Ovecikin V.* : Consumul raţional de energie electrică Electricestvo, nr. 10/1951.

[4] *Cerney B.* : Metodica stabilirii normelor energetice,Energetica, (limba cehă) nr. 3/1954.

[5] *Cerney B.* : Exemple de determinarea normelor energetice, Energetica (limba cehă) nr. 5/1954.

[6] *Gnedenco B. V.* : Cunoştinţe elementare asupra teoriei probabilităţilor, Gostopteorizdat, 1952.

[7] *Dlin A. M.* : Statistica matematică în tehnică, Sovetscaia Nauca, 1951.

[8] *Gofman I. V., Gopilalnic G. L.*: Organizarea şi planificarea sectorului energetic a intreprinderilor industriale. Moscova Leningrad Gosenorgoizdat 1954.

★

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ С ОДНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

Резюме

Настоящая статья ставит своей целью дать энергетическим кадрам промышленности первичную информацию о том как должен рассматриватся и решатся вопрос энергопотребления в промышленности, как устанавливаются энергетические нормы и как производится увязка между технологией и энергетикой предприятия.

Имея ввиду особое значение этих вопросов редакция просит активно содействовать их обсуждению на страницах этого журнала.

ARDEREA GAZELOR BOGATE

Ing. C. DINULESCU

Plecînd de la constatarea că întrucît condiţiile de ardere a gazelor bogate (gaz metan şi gaze de sondă) nu justifică diversitatea tipurilor de arzătoare instalate în diferitele centrale termice din ţară, autorul propune un tip de arzător industrial, care poate fi construit uşor cu posibilităţile oricărui atelier propriu şi care este instalat de circa 10 ani în cîteva centrale, cu rezultate bune din punct de vedere al exploatării şi întreţinerii. In a doua parte a studiului, autorul arată cum se pot întocmi tabele sau diagrame necesare controlului economic al arderii gazelor de sondă.

Pentru arderea gazelor bogate (gaz metan, gaze de sondă) de care dispune ţara noastră, s-au instalat şi se instalează arzătoare de tipuri foarte variate. Această variaţie nu este cu nimic justificată pentru că aceşti combustibili nu pun condiţii grele pentru arderea lor perfectă.

Majoritatea dintre arzătoarele construite sînt inutil prea complicate şi deci şi scumpe. In dorinţa de a obţine un bun amestec se folosesc adeseori dispozitive complicate pentru imprimarea unei mişcări tangenţiale care uneori nu numai că nu atinge scopul dorit ci îl şi împiedică. Alteori dispozitivele propuse se ard sau nu mai pot fi manevrate şi deci trebuie înlocuite.

Pe de altă parte, dacă la arderea CH_4 tehnicienii şi inginerii sînt oarecum orientaţi în privinţa procentului de CO_2 maxim, excesului de aer, pierderilor la coş etc., în schimb la arderea gazelor de sondă, a căror compoziţie este variabilă, ei nu mai au suficiente elemente de orientare.

Studiul de faţă îşi propune să răspundă la următoarele două probleme :

— Cum se poate calcula şi executa cu mijloacele oricărui atelier propriu un arzător simplu şi bun.

— Cum se determină pentru un gaz combustibil oarecare elementele necesare construirii arzătoarelor şi controlului mersului economic : aerul necesar, raportul între procentul de CO_2 şi intrările false, pierderile la coş etc.

I. Realizarea unui model simplu de arzător industrial

A. Condiţiile ce trebuie să le îndeplinească un bun arzător de gaze sînt următoarele :

1. Prin mijloace simple să realizeze un amestec intim al gazului cu aerul şi deci să permită arderea completă cu un exces minim de aer.

2. Să poată fi adaptat la lungimea dorită a flacării.

3. Să nu producă vibraţii.

4. Să împiedice întoarcerea flacării în ambrazură.

5. Să poată fi construit pentru debite variind în limite foarte largi.

6. Să se poată adapta la spaţiul disponibil.

7. Să permită arderea simultană sau separată în aceeaşi ambrazură şi a altor combustibili spre exemplu : păcură, praf de cărbune.

8. Să necesite o presiune minimă pentru introducerea aerului şi obţinerea amestecului.

B. Mijloacele prin care se pot realiza condiţiile unui bun arzător. Condiţiile enumerate mai sus pot fi realizate în mod simplu pe următoarele căi :

1. Un amestec intim între cele două fluide : gaz şi aer, se obţine respectînd următoarele reguli stabilite teoretic şi confirmate de practică :

a) Scurgerea celor două fluide în vine sau pînze cît mai subţiri.

b) Vitezele de scurgere ale celor două fluide în zona de amestec să depăşească o valoare minimă, ceea ce conduce la secţiuni de trecere reduse.

c) Direcţiile de scurgere ale celor două fluide în zona de întîlnire să formeze un unghi de 90° sau cît mai aproape de această valoare.

d) Vitezele de scurgere ale celor două fluide să fie astfel încît să satisfacă legea unui bun amestec : energiile cinetice ale celor două fluide să fie egale sau cît mai apropiate.

2. Adaptarea la lungimea dorită a flacării ; prin variaţia unghiului de întîlnire al celor două fluide se poate schimba lungimea flăcării pentru cazurile în care acest lucru ar fi de dorit. Sînt într-adevăr cazuri în care o flacără prea scurtă nu corespunde scopului urmărit sau poate fi chiar periculoasă pentru ţevile de ecran învecinate.

3. Evitarea vibraţiilor. Una din cauzele apariţiei de vibraţii este aprinderea gazelor înainte de secţiunea minimă de scurgere a amestecului. Remediul este deci : amestecarea şi aprinderea să aibă loc după secţiunea minimă de trecere a aerului.

4. Impiedicarea întoarcerii flăcării ; asigurarea unei viteze de scurgere minime a amestecului, superioară celei de propagare a flăcării gazului respectiv, împiedică întoarcerea flăcării în zona dorită.

5. Adaptarea la spaţiul disponibil : în anumite împrejurări şi în special în cazul montării arzătoarelor pe un perete ecranat, forma rotundă care este cea mai răspîndită, nu poate fi adoptată. In acest caz adoptarea unui arzător cu ambrazură dreptunghiulară cu lăţime mică şi înălţime mare rezolvă problema.

6) Arderea simultană sau separată în acelaşi arzător a mai multor combustibili gazoşi, fluizi sau pulverulenţi este posibilă prin dispunerea concetrică pornind de la centru către periferie a injectorului de păcură, a arzătorului de praf de cărbune şi apoi a arzătorului de gaze.

7. Presiunea minimă pentru introducerea aerului se obține eliminînd ori ce fel de rezistențe hidraulice la intrarea aerului pînă în zona de amestec ; după această zonă însă, scurgerea turbulentă este chiar de dorit pentru obținerea unui mai bun amestec.

C. Descriere sumară a tipului propus și modul de execuție. *a) Tipul cu forma circulară* (de recomandat în cazul arderii combinate cu păcură).

In esență un astfel de arzător se compune din :

— Ambrazura *A* din cărămidă refractară prin care amestecul de aer și de gaze aprins sau nu, pătrunde în camera de combustie.

— Canalul *C* de aer delimitat de zidărie și de placa frontală *P* a cazanului.

— Distribuitorul de gaze *G*, avînd forma unui tor cu secțiunea trapezoidală. Din acest distribuitor racordat la conducta de aducere a gazelor prin una sau două țevi *R*, gazele se scurg către interior printr-un număr mare de găuri de diametru mic de ordinul 2—4 mm, dispuse pe unul sau mai multe șiruri.

— Un disc *D* din material refractar care are un dublu rol :

de a reduce secțiunea de trecere la valoarea necesară pentru a obține un amestec mai intim ;

de a împiedica încălzirea plăcii frontale provocată de radiația flăcării.

Prin alegerea justă a secțiunii *S* de trecere a aerului precum și prin stabilirea presiunii optime de scurgere a gazului se realizează condițiile unui bun amestec enumerate mai sus și anume : viteza mare a aerului în zona de amestec și egalitatea energiilor cinetice ale celor două fluide.

La arderea exclusivă a gazelor, reglajul sarcinii făcîndu-se simultan la toate arzătoarele prin variația presiunii gazelor și aerului, nu este nevoie de un reglaj individual al aerului ceea ce complică construcția. Totuși dacă este nevoie se poate adopta un tub concentric cu distribuitorul de gaze și care culisează pe acesta, acționat fiind prin două mînere ce trec prin placa frontală.

In privința execuției dăm următoarele indicații :

— Distribuitorul de gaze se excută prin sudură din tablă de 3—4 mm și avînd secțiunea așa cum se vede în fig. 1.

Diametrul interior al distribuitorului trebuie să fie egal cu cel al ambrazurii. Susținerea și centrarea distribuitorului cu ambrazură se obține prin însăși conductele de racordare.

— Ambrazura trebuie să fie executată din cărămidă refractară C.R. 35 sau minim C.R.34.

— Discul susținut de un tub central sudat de placa frontală trebuie să fie centrat cu distribuitorul și așezat astfel încît secțiunea minimă de scurgere a aerului să aibă loc înainte de găurile de scurgere a gazului.

— Pentru arderea păcurii în același arzător este suficient să se introducă în tubul central de susținere a discului un injector cu pulverizare mecanică sau prin abur.

La nevoie arzătorul poate fi combinat și cu un arzător de praf de cărbune. Execuția fiind ceva mai complicată nu mai insistăm asupra ei.

b) Tipul cu forma dreptunghiulară (recomandată în mod special pentru focarele ecranate pe toți pereții) :

— Pentru a nu deforma prea mult țevile de ecran învecinate, ambrazura se execută cît mai îngustă.

— In canalele individuale de aer se montează palete din tablă pentru repartiția uniformă a aerului și clape de reglare înainte de acestea.

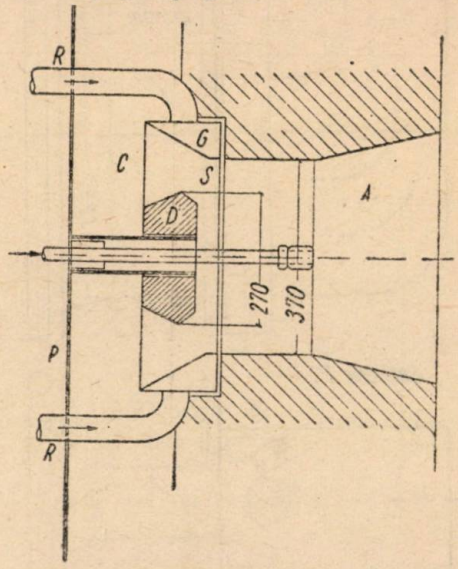


Fig. 1. Arzător de formă circulară.

— Distribuitorul de gaze se compune din două tuburi verticale cu secțiunea trapezoidală fig. 3 și avînd un număr mare de găuri de diametru 3—5 mm. Racordarea la colectorul principal se face prin două țevi pe care se montează și ventilele de reglaj.

— O coloană din material refractar cu secțiunea din fig. 2 și avînd același rol ca și discul de la arzătorul circular.

D. Calcul și aplicații numerice. *1. Principii de calcul.*

a) Forma circulară sau dreptunghiulară a abrazurii se alege după cum este sau nu cazul ca arzătorul să fie combinat cu un alt combustibil de rezervă, sau este destinat să ardă exclusiv gaze.

b) Numărul și debitul unitar al arzătoarelor se fixează ținînd seama de următoarele elemente :

— Adîncimea și înălțimea camerii de combustie ; cu cît aceste două elemente sînt mai mari, cu atît numărul arzătoarelor poate fi mai redus.

c) Secțiunea de trecere a ambrazurii se stabilește după următoarele criterii :

— Dacă camera de combustie este redusă, aprinderea trebuie să aibă loc chiar în ambrazură și deci viteza de scurgere a amestecului aer+gaze prin ambrazură trebuie să fie inferioară celei de întoarcere a flacării în amestecul respectiv.

— Dacă camera de combustie este mare și deci o flacără prea scurtă nu este de dorit sau ar fi chiar periculoasă pentru țevile de ecran învecinate, se alege o secțiune mică a ambrazurii, astfel încît

aprinderea să aibă loc abia la ieşirea din ambrazură.

Totuşi o viteză prea mare poate deveni periculoasă prin deplasarea flacării către ecranul din fund.

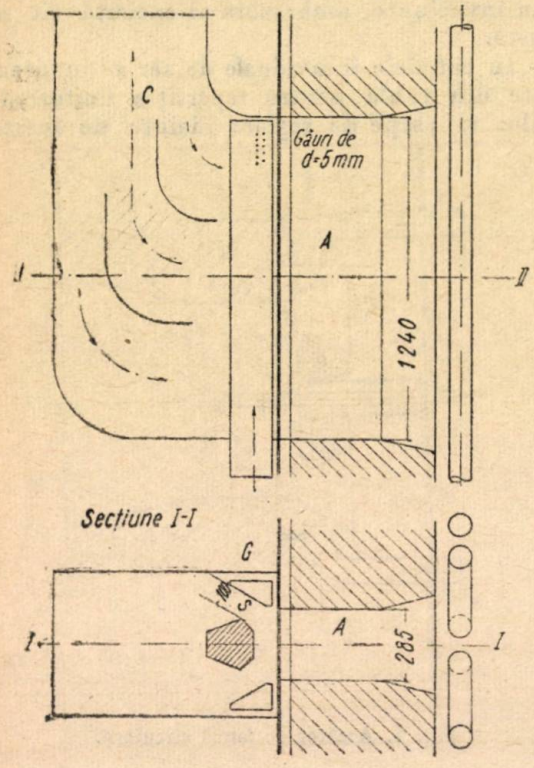


Fig. 2. Arzător de formă dreptunghiulară.

Din practică rezultă că n-ar trebui să se depăşească viteza de 25 m pe secundă.

d). Ecuaţia prin care se stabileşte egalitatea energiilor cinetice ale celor două fluide în zona de amestec capătă după toate simplificările următoarea formă : $1 \cdot 10^6$ kcal/h şi $20 \cdot 10^6$ kcal/h

$$\left(\frac{W_{gaz}}{W_{aer}}\right)^2 = \frac{Q_{aer}}{Q_{gaz}} \cdot \frac{1}{\delta_{gaz}}$$

în care : δ_{gaz} este densitatea gazelor :

Q_{aer} — debit aer în N m³/s ;

Q_{gaz} — debit gaz în N m³/s ;

W_{gaz} şi W_{aer} sînt stabilite cu debitele respective exprimate de asemenea N m³/s.

În cazul arderii CH_4 : $Q_{aer}/Q_{gaz} = 11$ (la $n = 1{,}15$ $\delta_{gaz} = 0{,}554$ şi deci

$$W_{gaz} = \sqrt{\frac{11}{0{,}554}} \cdot W_{aer} = \sqrt{19{,}82} \cdot W_{aer} = 4{,}44\ W_{aer}.$$

Relaţia între viteza de scurgere şi presiunea necesară a gazelor fiind :

$$P = \frac{\gamma}{2 \times 9{,}81} (W_{gaz})^2$$

în care : γ este grautatea specifică a gazului = $= 1{,}293\ \delta$

şi deci : $\frac{2 \times 9{,}81}{1{,}293\ \delta_{gaz}} P = (W_{aer})^2 \cdot \frac{Q_{aer}}{Q_{gaz}} \cdot \frac{1}{\delta_{gaz}}$;

$$P = \frac{1{,}293}{19{,}62} \cdot (W_{aer})^2 \cdot \frac{Q_{aer}}{Q_{gaz}}$$

şi deci în cazul CH_4

$$P = \frac{1{,}293}{19{,}62} \cdot 11 \times (W_{aer})^2 = 0{,}727\ (W_{aer})^2.$$

e) Secţiunea de scurgere a gazului. Avînd un debit dat de gaze iar viteza de scurgere stabilită ca mai sus, secţiunea de scurgere se deduce uşor. Ţinînd seama însă că scurgerea se face prin găuri în tablă subţire şi cu muchiile nerotunjite, secţiunea reală trebuie majorată pentru a lua în considerare fenomenul de contractare a vinelor de scurgere. Coeficientul de scurgere fiind în acest caz de $\mu = \alpha \cdot \varphi = 0{,}95 \times$ $\times\ 0{,}62 = 0{,}60$ majorarea secţiunii se face în raportul $1/0{,}60 = 1{,}66$

2. *Dimensionarea arzătoarelor unui cazan de mare producţie.* *a*) Caracteristicele cazanului.

— debit nominal 170 t/h ;

— parametri nominali : 110 kg/cm² şi 510°C ;

— entalpia aburului 810 kcal/kg ;

— entalpia apei de alimentare 225 kcal/kg ;

— combustibil ; gaze naturale $H_{ci} = 8\,550$ kcal/N m³ $\gamma = 0{,}715$ kg/m³.

b. Cantitatea de gaze necesare la η caz. = 90%

$$Q_{gaz} = \frac{170\,000\,(810 - 225)}{8\,550 \times 0{,}90} = 12\,800\ N\ \text{m}^3/\text{h}.$$

c. Numărul arzătoarelor : ţinînd seama de frontul cazanului alegem 8 arzătoare de tipul indicat în fig. 2. In acest caz debitul unui arzător este de :

$$12\,800 : 8 = 1\,600\ N\ \text{m}^3/\text{h} = 0{,}445\ N\ \text{m}^3/\text{s}.$$

Cantitatea de aer necesară pentru arderea unui $1N$ m³/s CH_4. Aşa cum se va arăta mai departe, această cantitate calculată la un exces de aer de 15%, este :

Aer necesar $= 1 \times 2 \times 4{,}7619 \times 1{,}15 =$ $= 11\ N\text{m}^3/N$

e) Debitul de aer al unui arzător ;

$$Q_{aer} = 0{,}445 \times 11 = 4{,}9\ N\ \text{m}^3/\text{s}.$$

Admiţînd că aerul este preîncălzit pînă la 150°C, debitul devine $4{,}9 \times \frac{273 + 150}{273} = 7{,}5$ m³/s. iar debitul de amestec aer + gaze = 7,5 + 0,445 = = 7,945 m³/s.

f). Dimensionarea secţiunii de trecere a ambabrazurii.

— Viteza de intoarcere a flacării de CH_4 = = 18 m/s.

— Viteza maximă a amestecului în ambrazură la plină sarcină, admitem 22,5 m/s.

— Sarcina minimă la care flacăra nu se întoarce sau la care aprinderea nu are loc în ambrazură va fi : 18 : 22,5 = 80%.

De aici rezultă că la sarcini mai mici decît 80% din sarcina maximă, dacă se doreşte să se evite aprinderea în ambrazură, trebuie redus numărul arzătoarelor în funcţiune, astfel încît cele rămase să lucreze la un debit $\geqslant$ 80% din debitul de gaze nominal.

— Secțiunea ambrazurii.

7,945 : 22,5 = 0,353 m².

Lățimea ambrazurii : pentru rațiuni de construcție se alege 285 mm (v. fig. 2).

Înălțimea ambrazurii : 0,353 : 0,285 = 1,24 m.

g). Secțiunea de trecere a aerului în zona de amestec.

1,24 × 2 × 0,1 = 0,248 m².

h) Determinarea vitezei de scurgere a gazelor în zona de amestec pentru a obține amestecul optim.

— Viteza de trecere a aerului în zona de amestec la sarcina maximă.

W_{aer} = 7,5 : 0,248 = 30 m/s.

Viteza de scurgere a gazului. Conform celor de mai sus (D.d) :

$W_{gaz} = \sqrt{19,82} \times W_{aer} = 4,44 \times 30 = 133$ m/s.

i).Presiunea necesară a gazelor în distribuitor:

$P = 0,727 \times (W_{aer})^2 = 0,727 \times (30)^2 = 653$ mm C.A.

Secțiunea de scurgere a gazelor :

— Admițînd drept coeficient de scurgere

$\mu = \alpha \cdot \varphi = 0,95 \times 0,62 = 0,60$

Secțiunea necesară este :

S_{gaze} = 0,444 : 0,6 × 133 = 5 550 mm².

— Admițînd găuri de 5 mm diametru, numărul total de găuri pentru cele 2 tuburi va fi :

$n = 5\,550 \times 4 : \pi \cdot (5)^2 = 284$ găuri

care dispuse pe 2 șiruri la fiecare din cele 2 tubur conduce la o distanță între găuri de circa 1 240 : 71 = 18 mm.

3. *Dimensionarea arzătoarelor unui cazan de producție medie.* *a*. Caracteristicile cazanului :

— debitul nominal : 32 t/h

— parametri nominali : 40 at 420°C.

— entalpia aburului : 778 kcal/kg

— entalpia apei de alimentare : 100

— combustibil : gaze de sonde avînd următoarea compoziție :

$CH_4 = 90\%$

$C_2H_6 = 6\%$

$C_3H_8 = 4\%$

Densitatea $\delta = 0,623$.

Puterea calorifică inf. $H_{ci} = 9\,470$ kcal/Nm^3

Aer necesar 1,15 × 10,5 = 12 Nm^3/Nm^3

(pentru calculul acestor valori vezi partea II-a a studiului).

b). Cantitatea de gaze necesare la un $\eta = 0,88$

$$G = \frac{32\,000 \times (778 - 100)}{9\,470 \times 0,88} = 2\,590\ Nm^3/h = 0,72\ Nm^3/s.$$

c) Numărul arzătoarelor. Ținînd seama de forma camerii de combustie, de comoditatea de deservire, alegem 9 arzătoare dispuse pe 2 rînduri : 5 + 4. Debitul unitar va fi :

0,72 : 9 = 0,08 Nm^3/s

d). Debitul de aer al unui arzător :

$Q_{aer} = 12 \times 0,08 = 0,96 = 1\ Nm^3/s.$

e). Diametrul ambrazurii :

— Viteza maximă a amestecului în ambrazură. Admitem 10 m/s.

— Secțiunea ambrazurii (1 + 0,08) : 10 = =0,108 m²

Diametrul corespunzător d = 370 mm

f) Secțiunea de trecere în zona de amestec.

Viteza aerului ; pentru a satisface și condiția unui bun amestec și aceea a unei pierderi de sarcină mică, limităm această viteză W_{aer}=20 m/s.

— Secțiunea de scurgere 1 : 20 = 0,05 m²

— Diametrul discului (v. fig. 1) =270 mm.

Verificare $\frac{\pi}{4}(0,37^2 - 0,27^2) = 0,05$ m².

g) Viteza de scurgere a gazelor (conf. Dd) :

$$(W_{gaz}/W_{aer})^2 = 12 \times \frac{1}{0,623}.$$

$W_{gaz} = 20 \times \sqrt{19,3} = 20 \times 4,4 = 88$ m/s.

h). Presiunea necesară a gazelor:

$$P = \frac{1,293}{19,62} \times (W_{aer})^2 \times \frac{Q_{aer}}{Q_{gaz}} = 0,793 \times (W_{aer})^2 = 315 \text{ mm CA.}$$

i) Secțiunea de scurgere a gazelor;

S = 0,08/0,6 × 88 = 1515 mm²

Cu diametrul de 4 mm, numărul de găuri este de : 1 515 : 12,57 = 120

Dispuse pe 2 rînduri, distanța între găuri este de : π. 370 : 60 = 19,4 mm.

E. Rezultate practice. Arzătoare de forma circulară dimensionate și construite după indicațiile de mai sus sînt instalate de circa 10 ani la o bună parte din cazanele a 2 termocentrale din Valea Prahovei.

Menționăm că toate aceste arzătoare au fost executate în atelierele proprii ale termocentralelor respective.

Arzătoare de formă dreptunghiulară, de construcție asemănătoare celei expuse mai sus, sînt instalate la o mare termocentrală construită de curînd.

Ambele tipuri funcționează cu un foarte mic exces de aer și nu comportă greutăți de exploatare sau de întreținere

II. Cotrolul arderii

In această a doua parte a studiului vom arăta cum se stabilește diferite elemente necesare construirii arzătoarelor cît și urmăririi mersului economic.

Pentrucă formulele de calcul pot fi găsite în diferite manuale, în acest studiu nu vom face altceva decît o aplicație numerică la un anumit gaz de sondă, pentru alte gaze calculul putîndu-se ușor modifica. Vom lua în considerare un gaz avînd o compoziție apropiată de media gazelor efectiv disponibilă și nume :

metan $CH_4 = 90\%$

etan $C_2H_6 = 6\%$

propan $C_3H_8 = 4\%$.

A. Stabilirea densității și puterii calorifice. Aplicînd legea amestecului gazelor și folosind cifrele unitare specifice fiecărui gaz, găsim :

a). Densitatea $= 0{,}9 \times 0{,}554 + 0{,}06 \times \times 1{,}035 + 0{,}04 \times 1{,}52 = 0{,}623$.

Verificare : stabilită prin măsurări directe se găsește : $\delta = 0{,}624$.

b) Puterea calorifică inferioară raportată la N m³

— superioară : $0{,}9 \times 9520 + 0{,}06 \times 16{,}820 + + 0{,}04 \times 23\,673 = 10\,500$ kcal/N m³

— inferioară : $0{,}9 \times 8\,550 + 0{,}06 \times 15\,370 + + 0{,}04 \times 21\,789 = 9\,470$ kcal/Nm³

B. Cantitatea de aer necesară arderii 1 Nm³ gaz. *a*) Cantitatea minimă de oxigen necesară arderii perfecte a unei hidrocarburi se calculează cu formula :

$$O_{min} = \left(x + \frac{y}{4}\right) C_x H_y$$

și deci pentru 1 Nm³ gaz cu compoziția mai sus arătată :

$$O_{min} = 2 \times 0{,}90 + 3{,}5 + 0{,}06 + 5 \times 0{,}04 = = 2{,}21 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3.$$

b). Cantitatea minimă de aer corespunzătoare : In ipoteza că aerul este uscat.

$$A_{min}^{usc} = \frac{100}{21} O_{min} = 4{,}7619 \ O_{min} \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$$

și deci pentru gazele considerate :

$A_{min}^{usc} = 4{,}7619 \times 2{,}21 = 10{,}5 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$.

In realitate aerul nu este niciodată perfect uscat și deci cantitatea de aer necesară trebuie majorată cu un factor dependent de umiditatea și de temperatura aerului. Acest factor f se calculează cu formula următoare :

$$f = 1 + \varphi \frac{p_s}{p - p_s}$$

în care :

φ = % de umiditate ;

p_s — presiunea de saturație în kg/m² la temperatura aerului ;

p — presiunea atmosferică.

La temperatura aerului de 20°C și un procent de umiditate obișnuit de 0,65, factorul f capătă valoarea : $f = 1 + 0{,}65 \times 0{,}0236 = 1{,}015$ și cantitatea de aer umed necesar devine :

$A\varphi_{min} = 1{,}015 \times 10{,}5 = 10{,}66 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$

indicele φ se referă la starea de umiditate a aerului.

c) Cantitatea de aer efectiv necesară. Pentru a preveni neajunsul unei eventuale arderi incomplete arderea efectivă se face totdeauna cu un exces de aer și deci cantitatea de aer efectiv necesară :

$$A_{ef}^{\varphi} = nA_{min}$$

în care n reprezintă factorul excesului de aer.

C. Cantitatea și compoziția gazelor arse rezultate din arderea : 1 Nm³ gaz. *a*) La arderea teoretică (fără exces de aer). Din arderea completă a unui combustibil rezultă următoarele produse : CO_2, H_2O în stare de vapori și azot. Cantitățile de CO_2 și H_2O rezultate din arderea unui Nm³ de hidrocarburi, oarecare C_xH_y și exprimate în N m³ se calculează cu formula cunoscută : $CO_2 = x \ C_x \cdot H_y$

$$H_2O = y_2 . C_x H_y$$

Pentru un gaz compus din mai multe hidrocarburi se aplică legea amestecurilor și deci din arderea 1 N m³ gaz cu compoziția arătată :

$$CH_4 = 90\%$$
$$C_2H_6 = 6\%$$
$$C_3H_8 = 4\%$$

Vor rezulta următoarele produse :

$CO_2 = 1 \times 0{,}9 + 2 \times 0{,}06 + 3 \times 0{,}04 = 1{,}14 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$

$H_2O = 2 \times 0{,}9 + 3 \times 0{,}06 + 4 \times 0{,}04 = 2{,}14 + (f-1) \times A_{min} = 0{,}015 \times 10{,}5 = 0{,}16$ $2{,}30 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$

$N_2 = 0{,}79 \times A_{min} = 0{,}90 \times 10{,}5 = 8{,}30 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$.

Total gaze arse cu H_2O în stare de vapori : 11,74 Nm³/Nm³. In cazul cînd gazele sînt răcite sub temperatura de 100°C pentru analiza lor (spre exemplu cu aparatul Orsat) H_2O se condensează și volumul gazelor se reduce la :

$$11{,}74 - 2{,}3 = 9{,}44 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3,$$

b) La arderea reală cu un factor de exces de aer n, deosebit de produsele arătate mai sus vor mai apare :

— O_2 rezultat din excesul de aer : $n-1$

— N_2 crescut din excesul de aer

— H_2O crescut din umiditatea excesului de aer $(n-1)(f-1)$ iar cantitatea totală de gaze arse va deveni :

$CO_2 = 1 \times 0{,}9 + 2 \times 0{,}06 + 3 \times 0{,}04 \ldots$ $1{,}14 \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$

$H_2O = 2 \times 0{,}9 + 3 \times 0{,}06 + 4 \times 0{,}04 \ldots\ldots$ $+ n(f-1) A_{min} = n \times 0{,}015 \times 10{,}5 = 0{,}1575 \times n$

$N_2 = n \times 0{,}79 \ A_{min} = n \ 0{,}79 \times 105 = 8{,}3 \times n$

$O_2 = (n-1) \times 0{,}21 \ A_{min} = (n-1) \times 0{,}21 \times 10{,}5 = 2{,}21 \times (n-1) \ N\text{m}^3/N\text{m}^3$

Cu aceste formule se poate determina compoziția gazelor pentru diferite valori ale factorului de exces de aer n. Rezultatele sînt înscrise în tabelele 1—2 din care se poate deduce ușor corelația între factorul n și procentul CO_2, procentul O_2 și procentul $(CO_2 + O_2)$ precum și cantitățile de aer necesar și de gaze rezultate.

După cum se poate ușor vedea, diferența între cele două tabele este că în tabela 1 s-a considerat gazele arse uscate (H_2O condensat) pe cînd în tabela 2 s-a considerat gazele arse în stare reală. Fiind raportate la cantități de gaze micșorate, este evident că % CO_2 și % O_2, din tabela 1, apar mai mari ca cele din tabela 2. Acesta este și motivul pentru care aceste valori determinate

prin aparatul Orsat apar mai mari decît cele stabilite prin alte analizatoare la care nu are

Tabela 1

Compoziția gazelor arse, uscate

n	CO_2	O_2	N_2	V_g	CO_2	O_2	CO_2+O_2
	$N\,m^3$	$N\,m^3$	$N\,m^3$	$N\,m^3$	%	%	%
1	1,14	0	8,3	9,44	12,05	0	12,05
1,1	1,14	0,221	9,13	10,491	10,90	2,10	13,00
1,2	1,14	0,442	9,95	11,532	9,90	3,84	13,74
1,3	1,14	0,663	10,75	12,553	9,13	5,27	14,40
1,4	1,14	0,884	11,62	13,644	8,37	6,50	14,87
1,5	1,14	1,105	12,45	14,695	7,75	7,50	15,25
2	1,14	2,21	16,60	19,95	5,74	11,10	16,84

Tabela 2

Compoziția gazelor arse, umede

n	CO_2	O_2	N_2	H_2O	Vg	CO_2
	$N\,m^3$	$N\,m^3$	$N\,m^3$	$N\,m^3$	Nm^3	%
1	1,14	0	8,3	2,3	11,74	9,73
1,1	1,14	0,221	9,13	2,31	12,82	8,9
1,2	1,14	0,442	9,95	2,33	13,862	8,25
1,3	1,14	0,663	10,75	2,35	14,88	7,67
1,4	1,14	0,884	11,62	2,37	15,974	7,13
1,5	1,14	1,105	12,45	2,39	17,085	6,72
2	1,14	2,21	16,60	2,48	22,43	5,01

loc o prealabilă uscare. Diferența fiind sensibilă trebuie totdeauna precizată metoda de determinare a % CO_2.

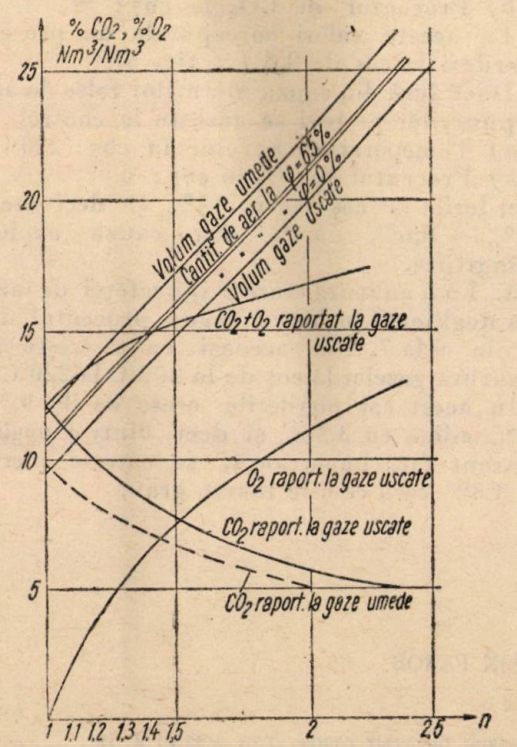


Fig. 3. Cantitatea de aer, volum de gaze arse, % CO_2, % O_2, % $CO_2 + O_2$.

Cu valorile din aceste tabele s-au trasat diagramele din fig. 3 și 4. Ultima figură care reprezintă triunghiul arderii aplicat în cazul nostru face posibil controlul arderii complete prin analizarea numai a % CO_2 și % O_2. Eventuala diferență între % ($CO_2 + O_2$) și abscisa corespunzătoare % CO_2 din diagramă multiplicată cu factorul 1,6 dă % CO existent.

D. Calculul pierderilor de căldură la coș. In cazul arderii gazelor, pierderile la coș sînt cele mai însemnate și deci cunoașterea lor este neapărat necesară ; cunoscînd cantitatea de aer intrată și cantitatea de gaze ieșită din cazan precum și temperaturile aerului și gazelor arse, pierderile

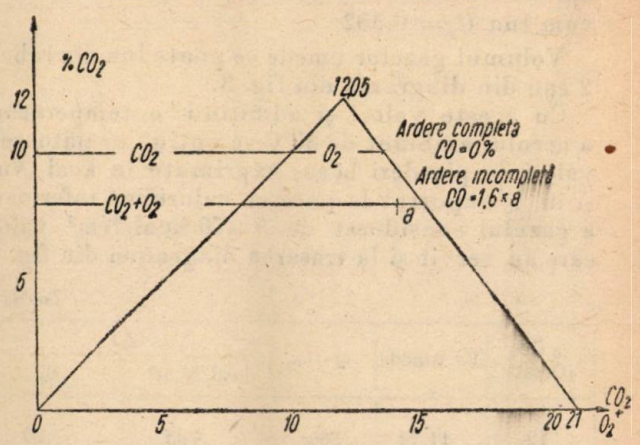


Fig. 4. Triunghiul arderii pentru gaze de sondă.

$C H_4$ = 90%
C_2H_6 = 6%
C_3H_8 = 4%

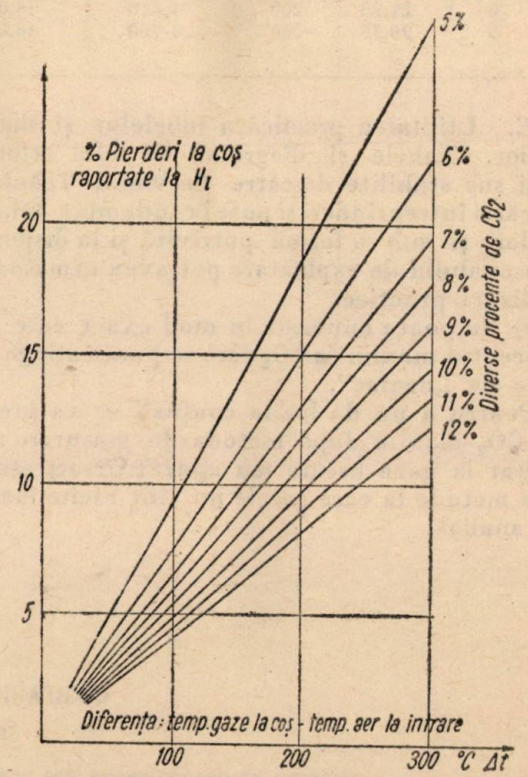


Fig. 5. Pierderi de căldură la coș la diferite % CO_2.

se determină prin diferența de entalpii între gazele ieșite și aerul intrat. Formula de calcul este :

$$\Delta I = C_g \cdot V_g \cdot (t_g - t_a)\ \text{kcal}/Nm^3$$

Calculînd cu entalpiile parţiale ale produselor arderii se găsesc următoarele valori medii ale lui C_p pentru diferite domenii de temperatură.

C_p 0—100°C = 0,330 kcal/Nm^3 °C
C_p 0—200°C = 0,332 " "
C_p 0—300°C = 0,334 " "

Valorile fiind foarte apropiate, iar temperaturile care ne interesează fiind în jurul lui 200°C vom lua C_p = 0,332

Volumul gazelor umede se poate lua din tabela 2 sau din diagrama din fig. 3.

Cu aceste valori şi admiţînd o temperatură a aerului ambiant de 20°C se obţin următoarele valori de pierderi la coş exprimate în kcal Nm^3 şi în % raportat la puterea calorifică inferioară a gazului considerat de 9 470 kcal/Nm^3 valori care au servit şi la trasarea diagramei din fig. 5.

Tabela 3

% CO_2 (Orsat)	Vg umede	$tg-ta$	ΔI	
			kcal/$N\,m^3$	%
12	11,74	200	785	8,20
11	12,80	200	850	8,90
10	13,90	200	925	9,70
9	15,20	200	1 010	10,75
8	16,40	200	1 110	11,85
7	18,60	200	1 235	13,05
6	21,30	200	1 415	15,00
5	26,70	200	1 760	18,60

E. Utilitatea practică a tabelelor şi diagramelor. Tabele şi diagrame de felul celor de mai sus stabilite de către Serviciul Tehnic al fiecărei întreprinderi şi puse la îndemîna tehnicienilor şi sub o formă potrivită şi la dispoziţia presonalului de exploatare pot avea următoarele utilizări practice.

a) Se poate cunoaşte în mod exact care este procentul maxim de CO_2 care se poate atinge fără risc de „nearse".

Pentru a nu da loc la confuzii se va preciza % CO_2 maxim după metoda de măsurare : raportat la gaze uscate (cu aparat Orsat) sau cu alte metode la care gazele nu sînt răcite înainte de analiză.

b) Cunoscînd procentul CO_2 se poate deduce gravitatea intrărilor false de aer şi deci nevoia de remediere.

c) Cunoscînd % CO_2 şi temperatura gazelor la coş se poate urmări mersul economic şi lua măsurile de îndreptare în cazul unor pierderi anormale.

d) Debitul instalaţiei de tiraj fiind limitat, se poate vedea care este sarcina maximă posibilă a cazanului, în cazul cînd % CO_2 este mai scăzut decît cel admis la dimensionarea instalaţiei de tiraj.

F. Aplicaţii numerice. 1. La dimensionarea instalaţiei de tiraj a unui cazan de 40 t/h s-a admis un exces de aer de n = 1,4 respectiv un % CO_2 de 8,35 la coş.

Presupunînd că în exploatare temperatura gazelor la coş n-a depăşit valoarea admisă la proiectare, spre exemplu 180°C însă că % CO_2 a scăzut pînă la valoarea de 7, producţia cazanului trebuie redusă în raportul cantităţii de gaze corespunzătoare la cele două procente de CO_2 adică $40 \times 16/18{,}6 = 34{,}3$ t/h.

Efectiv însă producţia scade şi mai mult pentrucă în acelaşi timp pierderile de la coş cresc de la 9,7% la 11,1% ceea ce antrenează încă o scădere de circa 1,4%.

2. Intr-o exploatare îngrijită, se poate obţine la arderea gazelor de sondă în mod practic următoarele valori la sarcina maximă.

a) Temperatura gazelor arse la coş : 180°C
b) Procentul de CO_2 la coş : 9

La aceste valori corespunde un procent de pierderi la coş de 8,6 (v. fig. 5).

Dacă însă din cauza intrărilor false de aer şi a depunerilor pe ţevi se găseşte la control :

a) Temeperatura gazelor la coş : 220°C
b) Procentul de CO_2 la coş : 6

pierderile la coş devin 15% şi deci cresc cu 15% — 8,6% = 6,4% din cauza exploatării neîngrijite.

3. La o anumită stare a suprafeţei de încălzire din neglijenţă fochistul scade procentul de CO_2 de la 9 la 7. Din aceeaşi cauză creşte şi temperatura gazelor la coş de la 200°C la 220°C.

In acest caz pierderile cresc de la 9,7% la 13% adică cu 3,3% şi deci dintr-o neglijenţă aparent fără importanţă, se măresc pierderile cu 3,3% ceea ce este foarte grav.

★

СЖИГАНИЕ БОГАТЫХ ГАЗОВ

Резюме

Исходя из соображения что условия сжигания богатых газов (газ метан и буровые газы) не оправдывают разнообразие установленных типов горелок на различных теплостанциях в стране, автор предлагает тип промышленной горелки которая может быть легко сконструированна во всякой мастерской и которая работает около 10 лет на нескольких станциях с хорошими результатами с точки зрения эксплоатации и ухода. Во второй части работы автор указывает как составлять таблицы и диаграммы необходимые для экономического контроля сжигания буровых газов.

FOCAR UNIVERSAL PENTRU CAZANE DE ABUR UTILIZÎND COMBUSTIBIL INFERIOR

Ing. A. DERIGAULT

În cele de față autorul face o propunere originală, destinată a rezolva o problemă deosebit de importantă a gospodăriei noastre energetice. Deoarece instalația nu a fost încă experimentată, articolul se publică în vederea discuției, redacția invitînd pe cei interesați să facă observații și sugestii în legătură cu această propunere.

O bună parte dintre cărbunii indigeni s-au dovedit a fi aproape inutilizabili în focare înzestrate cu grătare catenare sau cu instalații de măcinare, focarele înfundîndu-se foarte repede cu „urși" de zgură aderentă care în scurtă vreme suprimă tirajul, deoarece particulele de sgură incandescentă sînt lipicioase și se aglutinează laolaltă cu mare ușurință.

Pe grătarele lanț cărbunii de Valea Jiului ard bine numai dacă sînt de bună calitate și de granulație potrivită (0 — 10). Sosiri de sortimente inferioare precum și orice sporire accidentală a cotei de cenușă și apă duc însă la reducerea considerabilă a productivității grătarelor, a căror debit orar de căldură scade în aceste cazuri cu 40 — 50% și mai mult.

Încercările de a arde cărbuni de lupac (sulfuroși) pe aceste grătare catenare n-au dat rezultate din cauza înfundării rapide cu zgură a elementelor grătarului și a canalelor. Pe de altă parte, cărbunii inferiori cu zgură refractară tip Anina care ard foarte bine în stare pulverizată în amestec cu ardezie dacă puterea calorifică a amestecului nu scade sub 3 000 — 3 500 kcal/kg încetează de a se mai comporta satisfăcător, dacă procentul de ardezie depășește o anumită valoare; temperatura de ardere scade atît de mult încît uneori focul se stinge de la sine, iar debitul cazanelor scade catastrofal. (Pentru a face față acestor inconveniente s-au introdus arzătoare suplimentare de păcură la unele cazane).

Aceeași cădere masivă de productivitate apare atît la instalațiile care lucrează cu cărbune pulverizat cît și cu grătare cînd cărbunii încep să sosească în stare înghețată.

Toate aceste considerente arată limpede necesitatea de a se avea un focar susceptibil de a arde cărbuni de orice calitate fără reducerea debitului cazanelor în caz de fluctuații a conținutului de apă și cenușă și indiferent de calitatea zgurii.

Acesta este scopul urmărit de grătarele tip cascadă Martin, Vezuvio etc. pe care combustibilul incandescent este menținut permanent în stare de mișcare rostogolitoare, prin deplasarea convenabilă a barelor grătarului; pe de o parte prețul de cost și cheltuielile de întreținere ale acestor grătare complicate sînt foarte ridicate, iar pe de altă parte producția lor este limitată de dimensiunile gabaritului cazanului în care trebuie introduse. De aceea focarele acestea nu prea sînt răspîndite.

Focarul universal descris mai jos rezolvă toate problemele puse de combustibilii solizi, prezentînd următoarele avantaje:

— ardere cu debit constant de căldură și fără nici o pregătire prealabilă a oricărui combustibil, solid;

— randament foarte ridicat;

— cheltuieli de construire și de exploatare foarte reduse din cauza absenței practic totale a mecanismelor;

— deservirea ușoară, control simplu al focului din post central de comandă;

— posibilitatea de aplicare la oricare instalație existentă de cazane, indiferent de felul combustibilului cu care lucrează acum și de debitul cazanelor;

— menținerea permanent curată a suprafețelor încălzitoare expuse focului; țevi de abur, economizor, preîncălzitor de aer, deci randament ridicat al cazanelor și cheltuieli reduse de întreținere a ventilatoarelor;

— consum neglijabil de energie electrică pentru instalațiile auxiliare.

Focarul propus este un focar exterior. El se compune din următoarele elemente:

Un tunel dublu *A.A.* construit din material refractar de bună calitate și plasat în prelungirea axei cazanului cu care comunică prin porțiunea de tunel simplu *B.*

Secțiunea totală a celor două tunele trebuie să permită trecerea către focarul cazanului a întregului volum de gaze produs de arderea unei cantități de combustibil suficientă pentru debitul normal al cazanului, cu o viteză de circa 5 m/s.

În cazul exemplificat în fig. 1 a unui focar pentru o producție orară de 15 — 18 t/h abur arzînd cărbuni de orice fel, volumul orar de gaze de ardere este de circa 30 000 Nm^3/h sau de circa 200 000 m^3/h gaze fierbinți (respectiv 50 — 60 m^3/s). Secțiunea combinată a celor două

tunele *A.A.* precum şi secţiunea racordului *B* trebuie să fie de circa 10 m².

Deasupra tunelului dublu se plasează un oarecare număr de perechi de grătare plane *C.C.* (în exemplul studiat *3*).

Suprafeţele acestor grătare pot fi puse în comunicaţie cu cele două tunele prin puţurile de

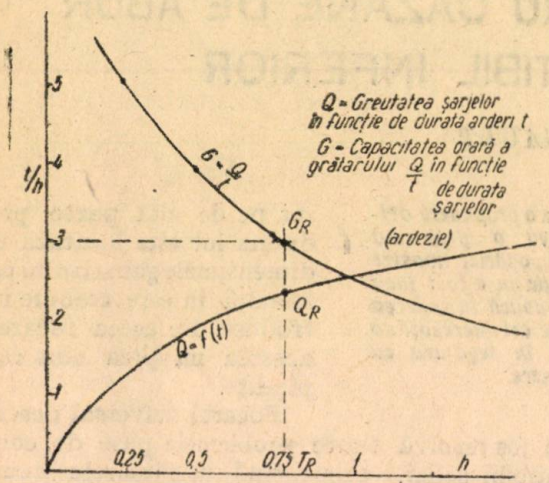


Fig. 1. Focar universal pentru combustibil solid.

racord *D* (cu marginele răcite cu apă) prin intermediul unor camere de ardere *E*. Acestea sînt construite dintr-o boltă de material refractar, clădită într-o ramă *E* din tablă şi fier profilat, în formă de pod. În exemplul ales camerele au 7 m lungime totală şi circa 4 m lăţime, bolta avînd o rază internă de 1,50 m.

Aceste camere sînt izolate cu îngrijire şi au cîte un acoperiş de tablă, deoarece toată instalaţia de ardere se află în aer liber.

Camera de ardere se poate deplasa astfel în cît să pună în comunicaţie după voie puţul *D* cu grătarul din dreapta sau cu grătarul din stînga.

În acest scop camerele sînt prevăzute cu umerii de susţinere şi alunecare *G* care să reazămă pe rulourile *H*. Aceste rulouri se mişcă liber pe calea de rulment *I* susţinută de un cadru de beton armat *K*.

Bolţile cîntăresc în exemplul ales cîte circa 25 t; pentru deplasarea lor, admiţînd un coeficient de frecare pentru rulouri de 0,02, este nevoie de o forţă de circa 500 kg.

Modul de funcţionare. Grătarele sînt alimentate cu combustibil cu ajutorul unor perechi de benzi fără fine de transport *L.L.* care se mişcă permanent prin faţa lor.

Alimentarea se face intermitent. Grătarul este încărcat cu o grosime convenabilă de combustibil (variind de la sortiment la sortiment) prin oprirea şi abaterea cărbunilor transportaţi de bandă fără fine prin faţa lui. În aşteptarea terminării arderii încărcării de pe grătarul de vis-a-vis, şarja de cărbuni suferă o uscare care poate fi accelerată după voie lăsînd sub grătar aer cald din canalul respectiv *M*.

Cînd arderea şarjei de pe grătarul de vis-a-vis este gata, camera de ardere se deplasează peste grătarul încărcat cu combustibil; aerul se deschide complet, şarja de cărbuni se aprinde de la bolta încandescentă a camerii de ardere şi produsele arderii trec în tunelurile *A.A.* prin puţul *D*.

Deplasarea camerii de ardere se face prin sistemul de funii şi role *N.N.* de către un mic electromotor de 1/2 CP, comandat de la cabina centrală de control a focului.

În timpul deplasării camera descarcă sgura rămasă după ardere pe grătar împingînd-o cu răzătoarele *P.P.* prin gaura *R* rezervată în acest scop la marginea grătarului.

Pentru ca prin această gaură să nu treacă aer pe deasupra grătarului, bara posterioară a acesteia are o serie de plăci *S*, suspendare în şarniere. Răzătorile nu freacă direct pe grătar ci sînt ţinute la o anumită distanţă (circa 1 — 2 mm) de către o îndoitură care se reazemă de marginea bridelor *T.T.* Aceste bride servesc de ghidaje pentru răzători.

Pentru ca în timpul mişcării camerii de ardere răzătorile de pe peretele care se mişcă peste grătarul cu zgură să cadă în masa de sgură, iar cele de pe peretele care se mişcă peste grătarul cu combustibil să fie ridicate, aceste răzători sînt silite să transmită chiar ele forţa de deplasare către camera de ardere, prin fixarea funiilor de antrenare pe aceste răzători şi legarea lor laolaltă prin scripeţi şi printr-o funie comună la troliul cu electromotor *O*.

Prin acest orificiu cablul care trage masa ridică mai întîi răzătoarea de pe perete de către grătarul încărcat cu combustibil şi o menţine sus în tot timpul mişcării.

În acest timp însă, răzătoarea de pe peretele opus care este legată la celălalt capăt al funiei, se poate mişca liber în jos deoarece acest capăt nu mai este întins astfel încît ajungînd în dreptul grătarului răzătoarea cade în adîncitura acestuia.

La sfîrşitul mişcării camerii, răzătoarea aceasta rămîne căzută jos etanşînd marginile frontale ale camerii contra pătrunderii de aer fals în focar. La marginile laterale ale camerii acest oficiu este îndeplinit de către căile de rulment *I* care poartă în acest scop nişte bure de cîlţi.

Zgura căzută în camera de sub grătar continuă să ardă pînă la completa epuizare. Extragerea sa din aceste camere se face permanent cu vagonete *U* ca la grătarele obişnuite. Volumul camerelor de zgură se poate face oricît de mare astfel încît aceasta să poată staţiona aci 8 — 10 ore pentru arderea completă a rezidiilor.

După terminarea cursei camerei de ardere, suprafaţa grătarului este examinată şi eventualele aderenţe de sgură sînt înlăturate prin suflare cu aer comprimat. Această operaţie precum şi comanda încărcării cu cărbuni a grătarelor se face din galeriile închise şi acoperite *W.W.* prevăzute cu largi suprafeţe de geamuri.

Totodată se schimbă eventualele elemente de grătare rupte.

Capacitatea de ardere a grătarelor plane obişnuite este de circa 250 kg/h (cărbuni diverşi)

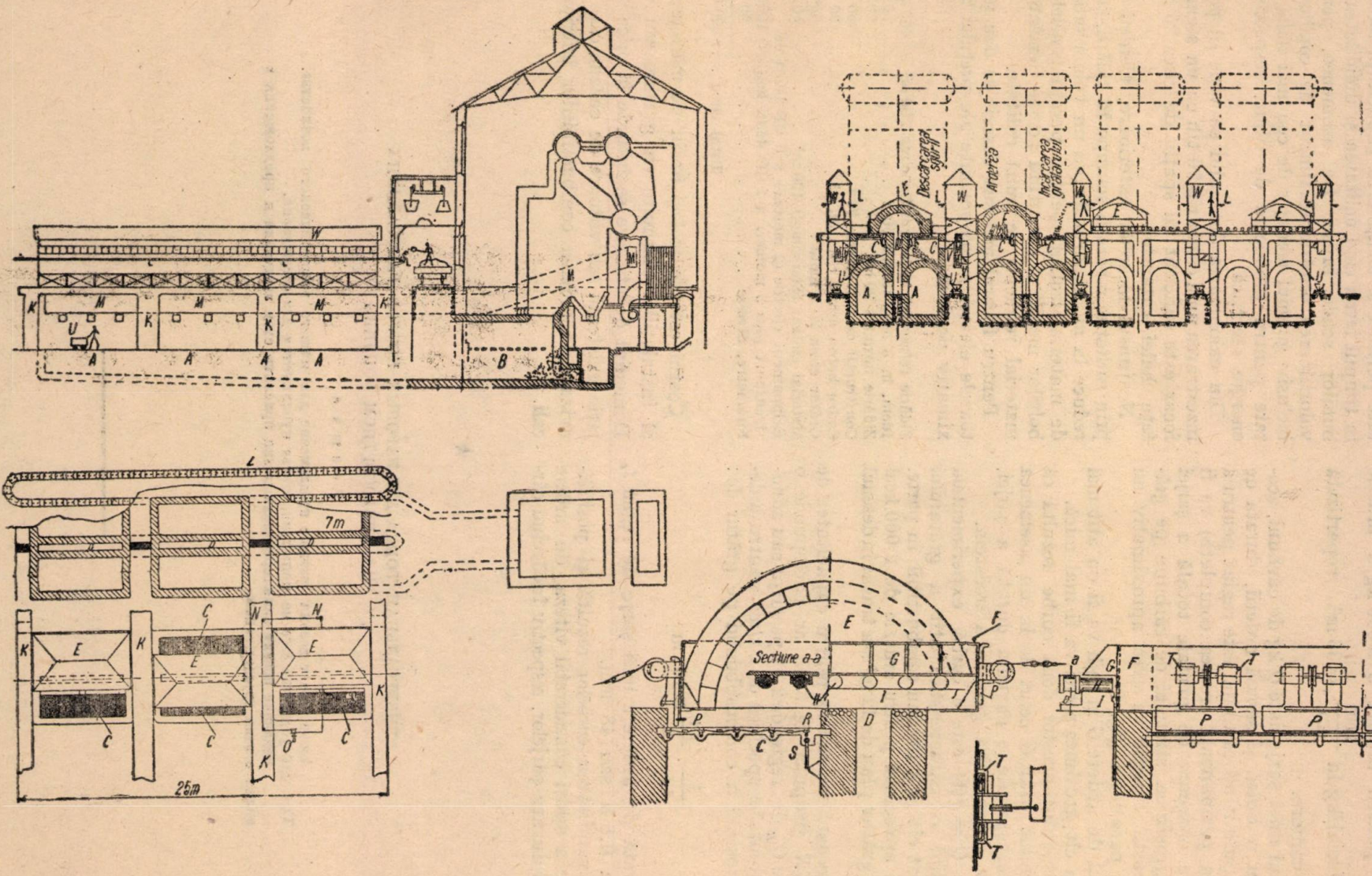

Descarcarea sigur-II
Ardereа
Incarcarea gratarului
7m
25m
Sectiune a-a

Fig. 2.

Pe baza acestei cifre s-a estimat suprafaţa necesară pentru arderea a 9 000 kg/h ardezie de 2 000 kcal/kg la $\frac{9\,000}{250} = 36$ m² repartizată între 3 camere.

În cazul unei şarje date Q kg de cărbuni, acoperită cu o boltă şi supusă arderii, durata de ardere t (admiţînd că tirajul este reglat pentru a obţine în permanenţă arderea completă) va fi o funcţie oarecare de greutate totală a şarjei sau de grosimea stratului de cărbune pe grătar. Această funcţie va avea aproximativ un caracter parabolic (fig. 2).

Debitul de ardere G în kg/h va fi cu atît mai mare, cu cît grosimea şarjei va fi mai mică.

Din aspectul acestor două curbe rezultă că fiecare debit orar G cerut de la un asemenea grătar corespunde o anumită durată a şarjei, respectiv o anumită grosime a acesteia.

Curba $Q = f(t)$ este o curbă experimentală constituind o caracteristică atît a grătarului considerat cît şi a fiecărui combustibil în parte. Alura ei apreciată pentru ardezie de 2 000 kcal kg şi un grătar plan de 12 m² s-a trasat în desenul anexat.

Din aceasta rezultă că pentru capacitatea de regim GR propusă de 3 t/h ar corespunde o încărcare Q_R de regim de 2,4 t pe şarjă sau admiţînd o greutate specifică de 2 t/m³ pentru ardezie, o grosime a combustibilului pe grătar de:

$$\frac{1}{12} \cdot \frac{2{,}4}{2} \cong 10 \text{ cm}$$

şi o durată de ardere a unei şarje de regim t_r de circa 0,8 h sau 48 min.

Din examinarea curbelor rezultă şi posibilitatea de a spori considerabil viteza de ardere scurtînd durata şarjelor, respectiv încărcînd cărbunii în straturi mai subţiri. Această proprietate permite şi menţinerea capacităţii focarului în timpul iernii cînd calitatea şi umiditatea cărbunilor scade brusc. De asemenea, permite valorificarea oricărui sortiment de combustibil inclusiv gunoiul menajer de cea mai slabă calitate pentru producere de abur, respectiv de energie electrică.

Din examinarea desenului se vede că pentru înzestrarea unui cazan tip 20 t/h cu un asemenea focar este suficient un spaţiu de circa 25 m în faţa halei cazanelor.

Neajunsul focarelor exterioare, pierderi mari prin radiaţie, reparaţii scumpe la zidării, se pot reduce la minimum utilizînd un volum suficient de material izolant, pentru pereţii tunelelor şi bolţilor mobile şi executînd aceste elemente din material refractar de bună calitate.

Pentru focarul mai sus descris se dau următoarele elemente componente ale preţului aproximativ de cost.

Zidărie refractară în focarul fix circa 200 m³	400 000 lei
Idem, în 3 bolţi mobile 50 t	50 000 "
Zidărie normală 20 m³	20 000 "
Construcţii de fier diverse 30 t	150 000 "
Cadru beton armat circa 30 m³	30 000 "
Grătar circa 20 t fontă	60 000 "
Material izolant (Sterhamol) 100 m³	50 000 "
Echipament electric (2 motoare a 5 CP benzi de transport plus 3 motoare a 1 CP depl. bolţilor)	150 000 "
Pirometre, diverse	90 000 "
Total circa	1 000 000 lei

Costul este de acelaşi ordin de mărime ca şi al instalaţiilor obişnuite cu grătare sau mori. Domeniul de utilizare se întinde la orice instalaţie existentă sau viitoare de cazane care ar fi avizate la arderea combustibililor inferiori locali.

★

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТОПКА ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ РАБОТАЮЩИХ НА НИЗКОСОРТНОМ ТОПЛИВЕ

Резюме

Автор делает весьма важное предложение для нашего энергетического хозяйства. Так как установка еще не испытана, статья публикуется для обсуждения.

Редакция просит заинтересованных лиц прислать свои замечания и предложения в связи с этим предложением.

METODĂ SIMPLIFICATĂ DE STUDIU GRAFICO-ANALITIC AL SUPRATENSIUNILOR IN STAŢII

Ing. MARC DĂNILĂ

Se indică o metodă simplificată pentru calcularea supratensiunilor în funcţie de configuraţia staţiei de înaltă tensiune şi de caracteristicele descărcătorului; se dau rezultatele experienţelor pe modele şi se arată modul de calcul grafico-analitic pentru determinarea supratensiunilor într-o schemă redusă.

Determinarea supratensiunilor şi alegerea justă a locului unde trebuie aşezaţi descărcătorii, pentru protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice are o importanţă mare în proiectarea staţiilor de înaltă tensiune.

Datorită faptului că studierea regimului tranzitoriu în scheme cu parametrii neliniari în cazul acţiunii tensiunilor de şoc de diferite forme prin metodele cunoscute este foarte laborioasă, la proiectarea staţiilor se alege constructiv locul descărcătorilor.

Din această cauză se întîmplă des ca protecţia contra supratensiunilor atmosferice să fie greşită sau incompletă.

În articolul de faţă se indică o metodă simplificată de calcul, cu ajutorul căreia se pot calcula cu aproximaţie suficientă supratensiunile pe un element al staţiei, în funcţie de configuraţia ei şi caracteristicile descărcătorului.

În studiul supratensiunilor distingem două momente principale:

1) întocmirea schemei electrice echivalente şi

2) determinarea valorii supratensiunilor în diferite puncte ale staţiei.

În cazul general punctul în care este necesară determinarea supratensiunilor este punctul de legare a transformatorului, datorită faptului că izolaţia lui este cea mai slabă în staţie. Numai în anumite cazuri este necesară determinarea supratensiunii şi în alte puncte. (De ex. pe separatorul de linie în cazul cînd acesta este deschis des sau în staţiile de 20—35 kV, reductorii de tensiune cu izolaţia slăbită).

De aici rezultă că dacă putem reduce schema electrică echivalentă a staţiei la o schemă simplă în care supratensiunile pe transformator în cazul acţiunii undelor de şoc sînt egale cu cele din schema reală, putem determina uşor supratensiunile care ne interesează.

În cele ce urmează ne vom ocupa separat de găsirea schemei simplificate a staţiei şi calculul supratensiunilor.

Schema echivalentă se obţine din schema reală a staţiei, înlocuind aparatele cu capacităţi egale cu capacităţile de intrare ale aparatului şi păstrînd neschimbate distanţele între ele.

Pentru staţiile cu o configuraţie mai complicată se alege regimul de lucru cel mai defavorabil din punct de vedere al supratensiunilor. (Transformatorul cel mai îndepărtat de descărcătorul cu rezistenţă variabilă legat la o singură linie).

Pentru exemplificare dăm schema echivalentă a unei staţii terminale cu un singur transformator şi o singură linie precum şi a unei staţii cu sistem dublu de bare şi mai multe plecări. (fig. 1 şi 2).

Schema fig. 2, *b* se obţine din schema 2, *a* în cazul cînd staţia lucrează cu linia *L—1* pe bara *I* cu transformatorul *T* — 1. Cifrele indică lungimile conductorilor în metrii. Valorile capacităţilor aparatelor sînt luate pe baza datelor, Inst. Politehnic din Leningrad (v. tabela 1).

Tabela 1

Aparatul	Caracteristica aparatului	Capacitatea echivalentă în pF pe fază	
		Valori limită	Valori medii
Transformator .	De mare putere	1000—3000	1500
„	De mică putere	300—1000	500
Intrerupători . .	Poz. închis	300— 800	500
„	Poz. deschis	200— 500	300
Reductor de tensiune	—	200— 500	300
Separatori . . .	Poz. închis	40— 80	60
„	Poz. deschis	30— 60	40
Izolatori de trecere	Tip condensator	150— 300	200
	Celelalte tipuri	100— 200	150
Linii aeriene . .	Pe metru	7— 9	25/3
Cable	Pe metru	150— 250	200

Precum se vede, chiar şi schema fig. 1, *b* are 5 puncte cu elemente neliniare. Calculul unei scheme de acest fel prin oricare din metodele cunoscute este extrem de laborios.

Cercetările întreprinse în Inst. Politehnic din Leningrad pe „Analizatorul protecţiei contra supratensiunilor atmosferice a staţiei" [1], au arătat că:

1. Derivaţiile de 10—20 m pot fi înlocuite prin capacităţi egale cu capacitatea lor faţă de pămînt.

2. Capacităţile echivalente ale aparatelor pot fi distribuite în cîteva puncte pe baza regulii momentelor. In acest caz drept puncte nodale se iau: *a*) punctul de legare al separatorului de linie din direcţia sosirii undei, *b*) punctul de derivaţie către transformator şi descărcător (derivaţia se determină pe direcţia sosirii undei), *c*) punctul de legare al transformatorului şi *d*) punctul de legare al descărcătorului.

3. Capacităţile echivalente aşezate înaintea punctului de derivaţie spre transformator (pe direcţia undei) pot fi mutate în acest punct.

Pe baza acestor concluzii putem simplifica schemele echivalente. Schema echivalentă a staţiei din fig. 1 *a*, devine o schemă simplă cu o

singură capacitate şi un descărcător (fig. 1 *c* şi *c'*).

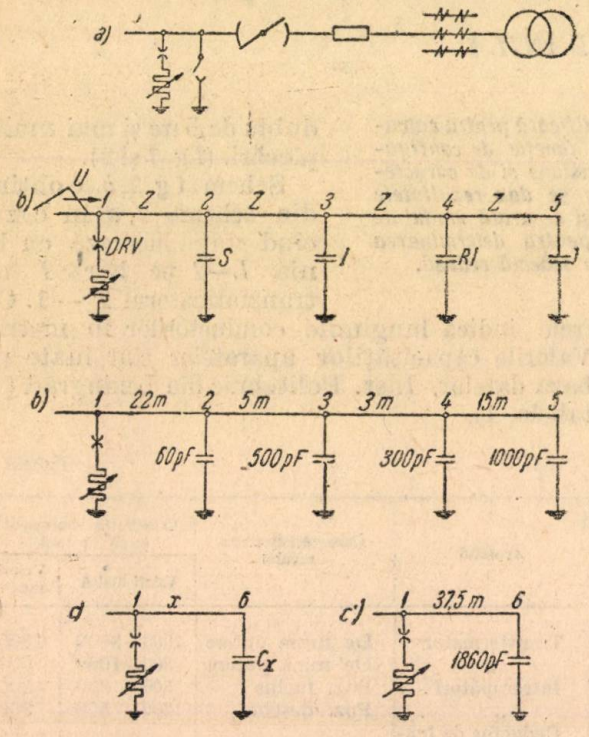


Fig. 1. Schema unei staţii terminale cu un singur transformator:

a — schema monofilară; *b* — schema echivalentă; *b'* — schema echivalentă cu valorile numerice ale elementelor; *c* — schema redusă; *c'* — schema redusă cu valorile numerice ale elementelor; *T* — transformator *RI* — reductor de intensitate; *I* — întrerupător; *S* — separator; *DRV* — Descărcător cu rezistenţă variabilă *U* — unda de supratensiune; *Z* — impedanţă de undă; C_{ech} — capacitatea echivalentă.

$$C_{ech.} = C_s + C_i + C_{ri} + C_i = 60 + 500 + 300 + 1000 = 1860 \text{ pF}$$

$$X = \frac{C_s X_s + C_i X_i + C_{RI} X_{RI} + C_i X_i}{C_s + C_i + C_{ri} + C_i} = \frac{1320 + 13500 + 9000 + 45000}{1850} = 37{,}5 \text{ m.}$$

Schema echivalentă a staţiei din fig. 2, *a* se simplifică succesiv pînă la fig. 2, *c* prin calcul asemănător.

O astfel de schemă se poate calcula prin metoda „pas cu pas" totuşi necesită calcule destul de multe avînd trei puncte nodale.

Pentru simplificarea acestei scheme se pot folosi indicaţiile din lucrarea lui M. M. Necrasov [2], în care se arată că amplitudinea supratensiunilor pe transformator rămîne neschimbată în cazul cînd descărcătorul este legat în derivaţie sau direct pe drumul undei, dacă distanţa între transformator şi descărcător rămîne neschimbată.

Bazîndu-ne pe aceste indicaţii, schema echivalentă a staţiei 2 *c* se reduce la o schemă similară celei din fig. 1, *c* (fig. 2, *d*).

Calculele analitice în care s-a luat ca bază schemele fig. 2, *c* şi 2, *d* au dat în ambele cazuri aceeaşi valoare maximă a supratensiunilor pe transformator.

Pentru verificarea celor enunţate, autorul prezentului articol a executat o serie de experienţe

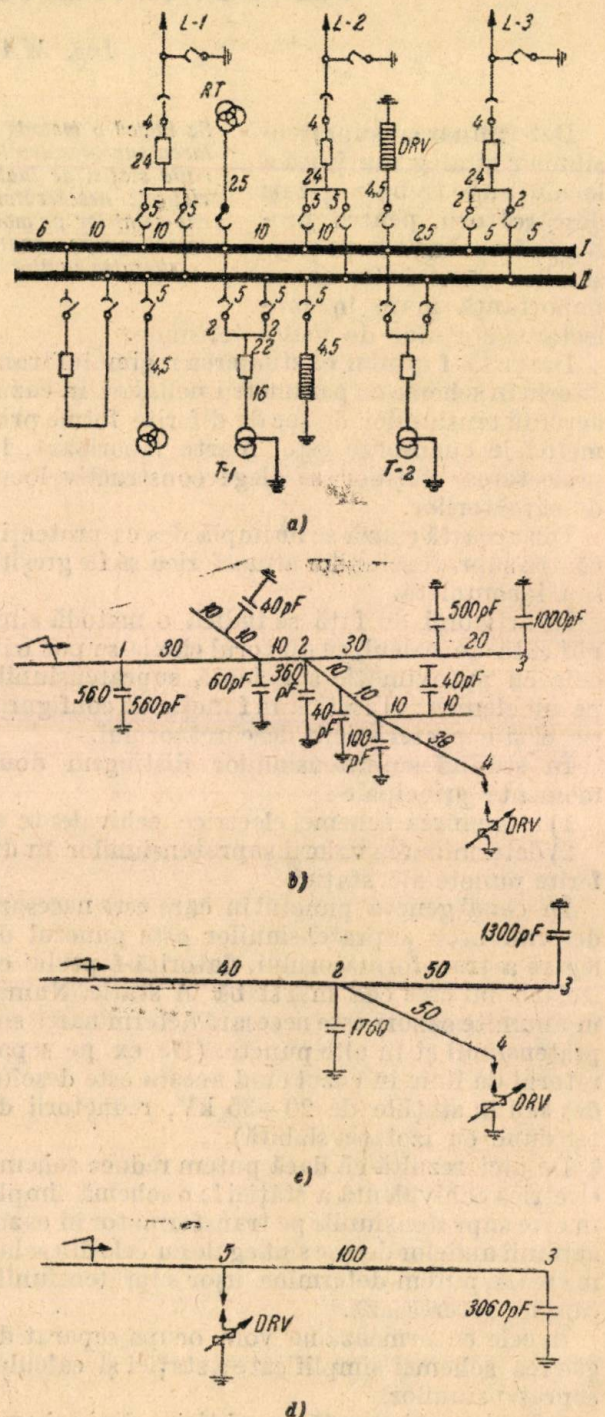


Fig. 2. Schema unei staţii cu sistem dublu de bare şi mai multe plecări:

a — Schema monofilară: *b* — schema echivalentă; *c* — schemă redusă intermediară; *d* — schema redusă.

pe modele de staţii. Luînd ca bază o schemă ca în fig. 3 au fost comparate valorile tensiunilor pentru următoarele cazuri:

1) *a* 50, *b* 50, C_1 500 pF, C_2 1500 pF
2) *a* 30, *b* 70, C_1 500 pF, C_2 1500 pF
3) *a* 0, *b* 100, C_1 2000 pF, C_2 0
4) *a* 70, *b* 30, C_1 500 pF, C_2 1500 pF
5) *a* 100, *b* 0, C_1 0 pF, C_2 2000 pF

sub acțiunea undelor de șoc de diferite amplitudini și front de 2 microsecunde.

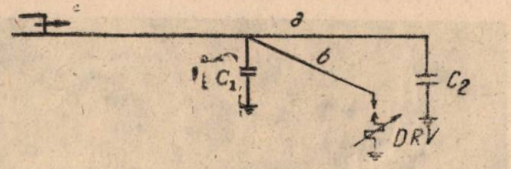


Fig. 3
δ — și δ' — distanțele indicate în text; C_1 și C_2 — capacități cu valorile indicate în text

In oscilogramele respective (fig. 4—fig. 17) se observă că pentru toate cele 5 cazuri, amplitudinea tensiunilor rămîne aproape aceeași,

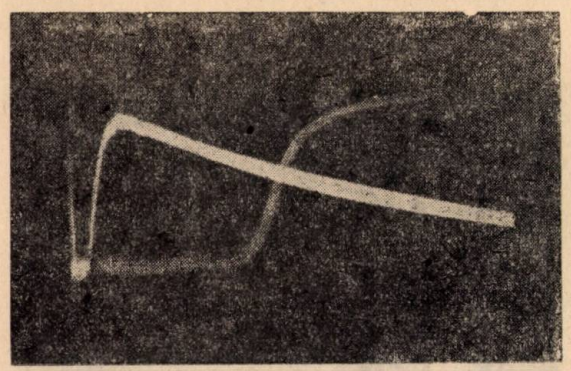


Fig. 4. Impuls corespunzînd la 700 kV. *)

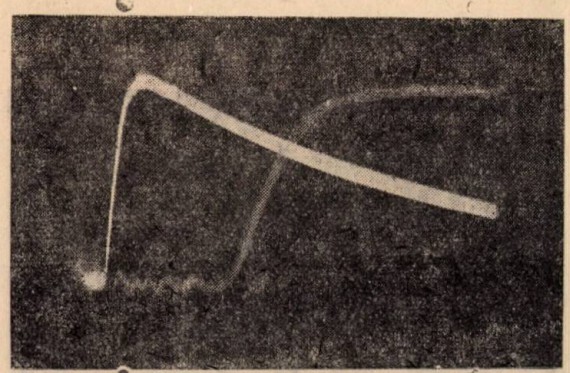


Fig. 5. Impuls corespunzînd la 800 kV.

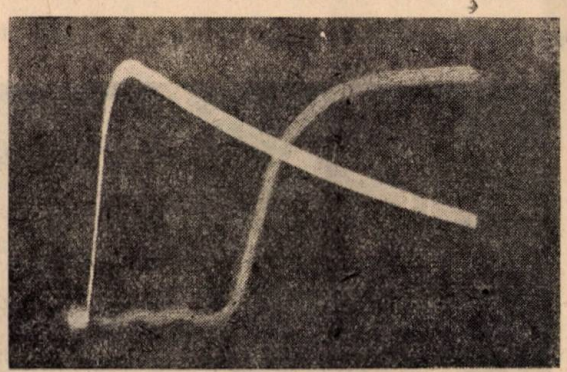


Fig. 6. Impuls corespunzînd la 1 000 kV

*) Curba mai ștearsă reprezintă aceeași undă înregistrată cu viteză de 10 ori mai mare.

indiferent de forma undei de șoc și a legării descărcătorului cu rezistență variabilă.

Prin aceste date experiemntale se verifică calculul analitic făcut.

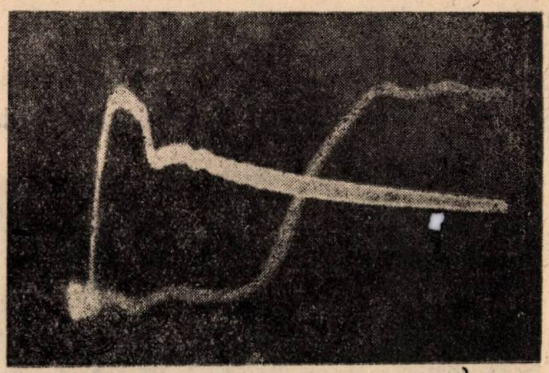


Fig. 7. Supratensiunea datorată impulsului fig. 4 pentru varianta 1.

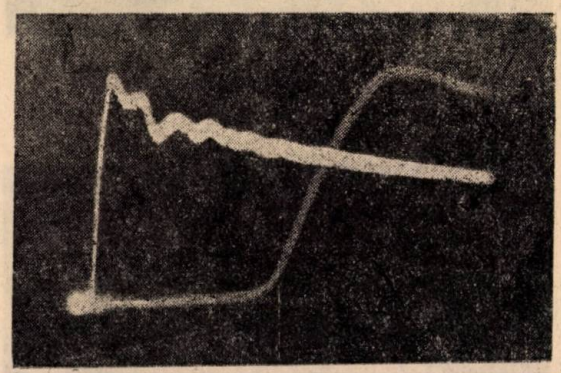


Fig. 8. Idem ca la 7 pentru varianta 2.

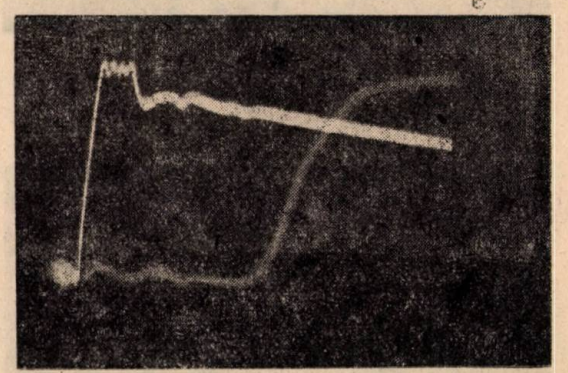


Fig. 9. Idem ca la 7 pentru varianta 3.

Deci orice schemă echivalentă poate fi redusă la o schemă formată dintr-o capacitate și descărcător, care se poate ușor calcula.

2. Pentru calculul supratensiunilor, care iau naștere în stație datorită undelor venite din linie, se poate folosi una din metodele cunoscute.

In cazul unei scheme atît de simple este indicată folosirea metodei grafo-analitice (Costenco M. V.) în combinație cu metoda pas cu pas (Bewley).

Pentru determinarea tensiunii sînt necesare următoarele date:

1) parametrii schemei echivalente reduse;

2) caracetristicele descărcătorului (volt-secundă şi volt-amper);

3) forma undei incidente.

Calculul se face în tabel cu ajutorul a două construcţii grafice în cele două puncte nodale.

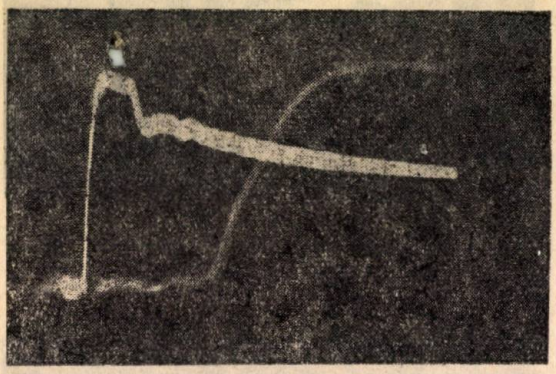


Fig. 10. Idem ca la 7 pentru varianta 4.

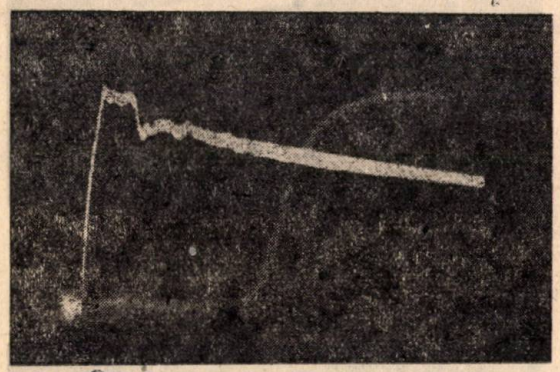


Fig. 11. Idem ca la 7 pentru varianta 5.

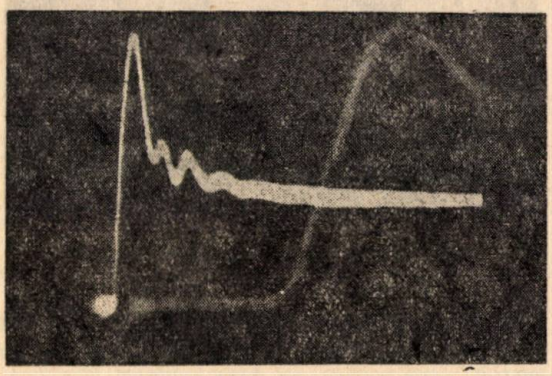


Fig. 12. Supratensiunea datorată impulsului fig. 5 pentru varianta 1.

Pentru exemplificare se dă calculul tensiunii pe transformator pentru schema redusă din fig. 1 *c*, în cazul sosirii în staţie a unei unde de şoc cu pantă lineară U_{max} 1000 kV şi front de două microsecunde (tabela 2).

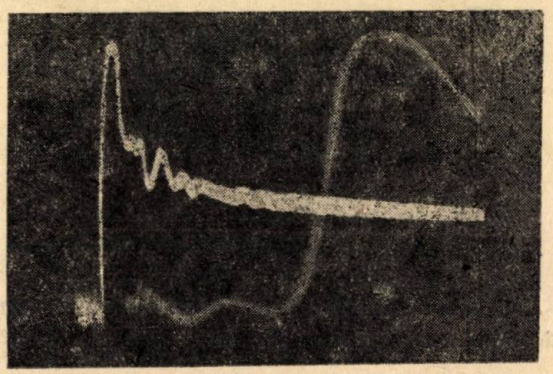


Fig. 13. Idem ca la 12 pentru varianta 3.

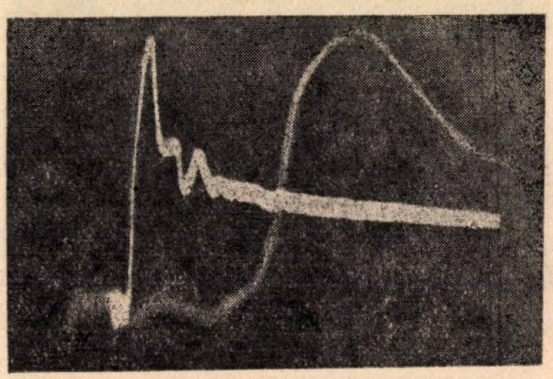


Fig. 14. Idem ca la 12 pentru varianta 5.

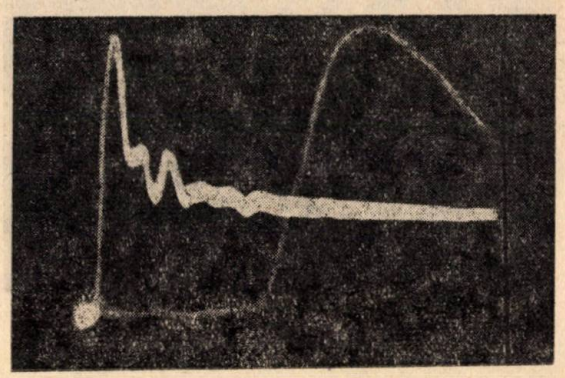


Fig. 15. Supratensiunea datorată impulsului fig. 6 varianta 1.

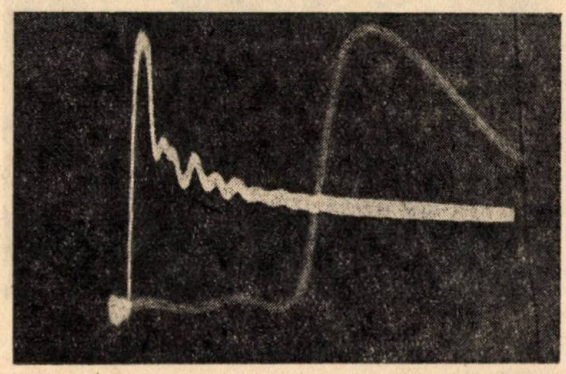
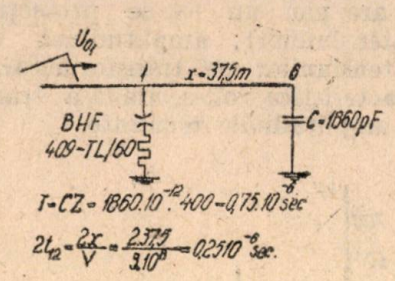
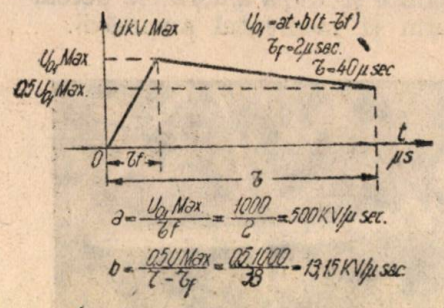


Fig. 16. Idem ca la 15 varianta 3.





t	U_{01}	U'_{61}	U_1	U_{16}	$2U_{16}$	U_6	U_{61}
μS	$at-b(\tau-t)$	$U_{61}(t-2t_{16})$ A8	Graf A_2+A_3	A_4-A_3	$2A_5$	Graf	A_7-A_5
A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
0,25	125	—	125	125	250	40	85
0,5	250	−85	165	250	500	125	−125
0,75	375	−125	250	In acest interval s-a amorsat descărcătorul			
0,625	312,5	−106,5	206/100	206,5	413	190	−16,5
0,875	437,5	−16,5	421/150	166,5	333	240	−73,5
1,125	562,5	73,5	536/180	106,5	213	250	143,4
1,375	687,5	143,5	831/187	53,5	87	215	171,5
1,625	812,5	171,5	983/190	18,5	37	170	152,5
1,875	962,5	152,5	1125/192,5	40	80	140	100
2,125	983,5	100	1083,5/191	91	182	135	44
2,375	950,5	44	994,5/190	146	292	165	19
2,625	917,5	19	938,5/189	170	340	205	35
2,875	824,5	35	859,5/188	153	306	240	—
3,125	791,5	87	877/189	102	204	240	—
3,625	758,5	138	896,5/189	51	102	215	—
3,875	725,5	164	889,5/189	25	50	180	—
4,125	692,5	155	847,5/188	33	66	145	—

Din primul grafic (fig. 18) se determină tensiunea la punctul *1* (punctul de legare al descărcătorului) înainte şi după amorsarea descărcătorului, precum şi momentul amorsării.

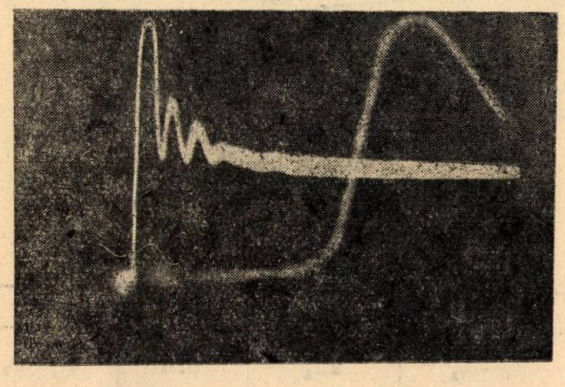


Fig. 17. Idem ca la 15 varianta 5.

Al doilea grafic (fig. 19) reprezintă tocmai tensiunea pe capacitatea din punctul *6* (construcţia ce face prin metoda subtangentei) [3].

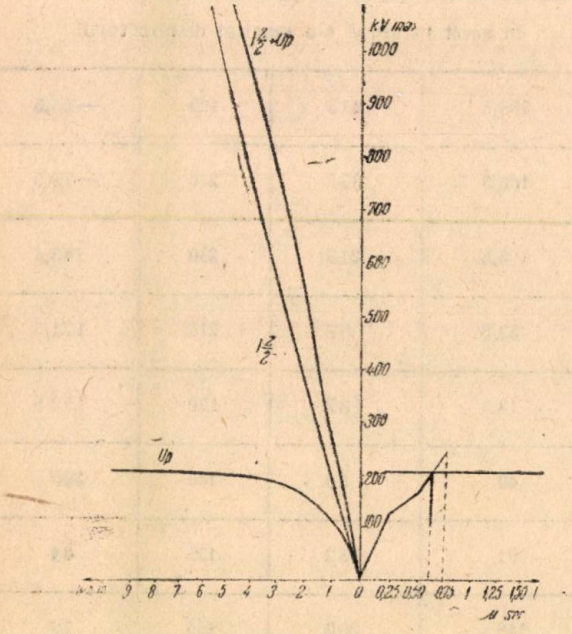


Fig. 18: Tensiunea în punctul de legare al descărcătorului (U_1).

Determinînd pentru o gamă de unde probabile, (limita superioară a aplitudinii este determinată de nivelul izolaţiei sosirii în staţie, iar limita inferioară se ia obişnuit amplitudinea undelor care nu periclitează izolaţia chiar dacă staţia nu are nici un fel de protecţie contra supratensiunilor); amplitudinea maximă a supratensiunilor pe transformator, se compară caracteristica volt-secundă a transformatorului cu amplitudinile rezultate.

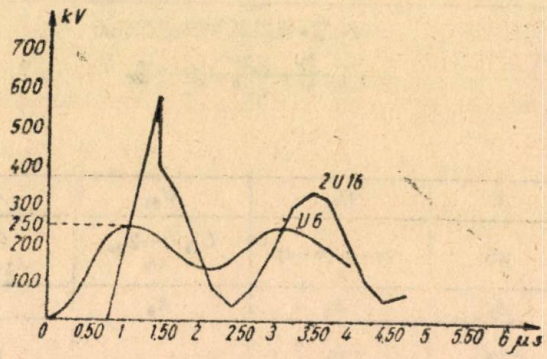


Fig. 19. Tensiunea în punctul de legare a capacităţii echivalente (U_6).

In cazul cînd caracteristica volt-secundă a transformatorului nu este atinsă de undele de supratensiune, protecţia aleasă este bună.

În cazul cînd această condiţie nu este îndeplinită, este necesară o revidiere a protecţiei. Revidierea poate duce sau la schimbarea locului descărcătorului cu rezistenţă variabilă, în sensul apropierii lui de transformator sau la adoptarea unei scheme mai complexe cu folosirea unui descărcător tubular montat pe primul portal al staţiei cu scopul de a proteja staţia de unde cu amplitudine mare, care pot da naştere la curenţi prea mari în descărcătorul cu rezistenţă variabilă.

Calculul schemei în acest caz se face analog ca şi în cazul schemei simple studiate, ţinînd cont de amorsarea fiecăruia din descărcători.

Bibliografie

[1] *Cucinschi Polovoi Serbacev*: Opredelenie nadejnosti grozozaşcita podstanţii vasocovo napreajenia. Truda naucino tehnicescoi sesii po perenapreajeniam, Gosizdat, 1949.

[2] *Necrasov M. N.* C: Vopsoru zaşcita podstanţii ot voln nabegaiuscik s linii Truda Ivanovscogo Energeticescogo Instituta No. 4, 1951.

[3] *Costenco M. V.*: Electricestvo, Nr. 1, 1939.

★

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ НА ПОДСТАНЦИЯХ

Резюме

В статье излагается упрощенный метод расчета перенапряжений в зависимости от конфигурации высоковольтной подстанции и от характеристики разрядника; даются экспериментальные результаты полученные на моделях и пример графо-аналитического расчета перенапряжений на упрощенной схеме.

CALCULUL INSTALAŢIILOR DE PARATRĂSNET

Ing. S. DULBERG

In articolul de faţă se arată care trebuie să fie valoarea rezistenţei de punere la pămînt a instalaţiilor de paratrăsnet, în funcţie de distanţa între instalaţia de punere la pămînt şi celelalte instalaţii sau mase metalice ale clădirii de protejat. De asemenea se arată cum se calculează rezistenţa de impuls şi calculul rezistenţei unei prize de pămînt în funcţie de rezistenţa specifică a solului şi de felul şi forma prizei de pămînt.

La calculul rezistenţei prizei de pămînt a instalaţiilor de paratrăsnet de la clădirile industriale, care au conducte şi mase metalice, trebuie să ţinem cont şi de distanţele dintre conductele metalice şi conductorii de scurgere ai instalaţiei de paratrăsnet. Acest lucru trebuie avut în vedere din cauza pericolului de conturnare inversă în timpul creşterii rapide a curentului trăsnetului şi din cauza pericolului de conturnare inversă, ca urmare a căderii de tensiune statică produsă de curentul trăsnetului în rezistenţa de punere la pămînt.

Din acest punct de vedere trebuie respectate următoarele reguli în ceea ce priveşte distanţa minimă D între conductele metalice din apropierea instalaţiei de paratrăsnet, lungimea L, măsurată din punctul de apropiere pînă la intrarea cea mai apropiată în pămînt a conductorului principal de scurgere şi care împreună determină valoarea rezistenţei instalaţiei de punere la pămînt R, astfel:

a) Distanţa între piesele metalice mari şi instalaţia de paratoner să fie de minimum 1,5 m la clădirile pînă la 20 m înălţime.

b) Distanţa minimă D trebuie să fie mai mare decît 1/10 din lungimea L a conductorului de scurgere principal de la distanţa minimă şi pînă la intrarea lui în pămînt.

$$D \geqslant 1/10\, L.$$

c) Distanţa minimă D nu trebuie să fie mai mică de 20 cm pentru fiecare ohm al rezistenţei R de punere la pămînt a întregii instalaţii

$$D \geqslant R \times 20 \text{ cm/ohm}.$$

d) La clădiri cu înălţimi de peste 20 m trebuie calculat dacă distanţa conform punctelor *b* şi *c* este suficientă, iar în cazul cînd această distanţă este mai mică, este necesară facerea unei legături metalice între aceste conducte şi conductorii de scurgere ai instalaţiei de paratrăsnet.

e) Dacă două puncte ale instalaţiei de captare şi a conductelor clădirii se apropie între ele la o distanţă mai mică decît 1/10 din lungimea măsurată de-a lungul conductei între acest punct şi intrarea conductorului de scurgere principală în pămînt, atunci trebuie să şuntăm metalic aceste două puncte.

Deci pentru determinarea rezistenţei maxime de punere la pămînt a instalaţiilor de paratrăsnet la construcţiile la care există conducte metalice în apropierea conductorilor de scurgere, trebuie să măsurăm distanţa cea mai mică dintre dispozitivele de captare şi conductele metalice, precum şi de piesele metalice puse la pămînt. Valoarea R în ohmi a rezistenţei maxime admise este atunci conform celor de la punctul *c* încincitul acestei distanţe în m.

Exemplu: dacă distanţa minimă între instalaţia de punere la pămînt a unei instalaţii electrice şi conductori de scurgere ai instalaţiei de paratrăsnet este de 1,25 m, valoarea rezistenţei de punere la pămînt nu trebuie să depăşească încincitul acestei distanţe, adică $5 \times 1{,}25 = 6{,}25$ ohmi.

În afară de formula dată pentru calculul distanţei şi înălţimii la paratrăsnetele cu tije

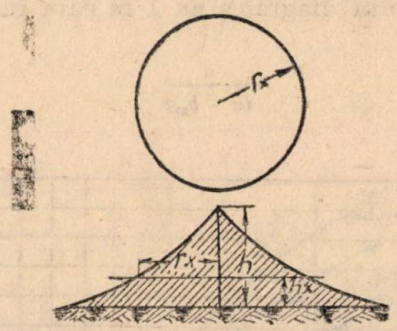


Fig. 1.

mai există o altă metodă de control spre a se vedea dacă într-adevăr toată suprafaţa obiectivului este cuprinsă în zona de protecţie a acestor paratrăsnete. Această zonă de protecţie este definită printr-o generatoare care în cazul unei singure tije de paratrăsnet (fig. 1) poate fi exprimată prin ecuaţia:

$$\frac{r_x}{h - h_x} = p\,\frac{1{,}6}{1 + \frac{h_x}{h}}$$

în care:

r_x este distanţa între tije şi zona de protecţie;
h — înălţimea de la pămînt a tijei paratrăsnetului;
h_x — înălţimea de la pămînt a zonei de protecţie;

$p = 1$ $h = 30$ şi $p = \frac{5{,}5}{h}$ dacă $h = 30$ m.

În cazul a două paratrăsnete cu tije de înălţime egală (fig. 2), configuraţia zonei de protecţie

este aceea de deasupra desenului haşurat, în care :

r_x este distanţa între tije şi marginea zonei de protecţie ;

h_x — înălţimea de la pământ a zonei de protecţie ;

h — înălţimea de la pământ a tijei paratonerului ;

b_x — lăţimea minimă de protecţie între cele două tije de paratrăsnet (fig. 2).

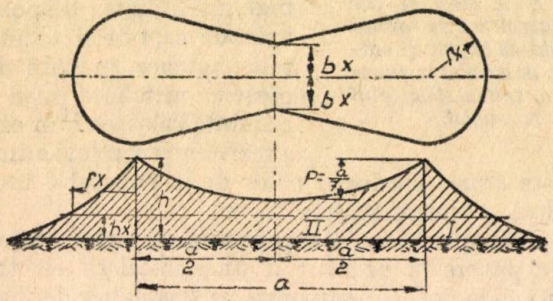
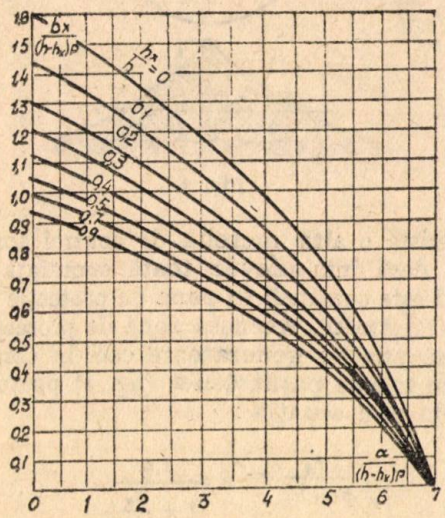


Fig. 2.

Părţile exterioare laterale (*I*) ale zonei de protecţie se determină ca în cazul unei singure tije de paratrăsnet, iar lăţimea minimă de protecţie b_x (*II*) între cele două tije de paratrăsnet se obţine din diagrama nr. 1 în care în abscisă avem :

$$\frac{a}{(h - h_x)p}$$



iar în ordonată :

$$\frac{b_x}{(h - h_x)p}$$

pentru diferite valori ale raportului :

$$\frac{h_x}{h}.$$

În cazul a trei paratrăsnete cu tije de înălţime egală (fig. 3) condiţia necesară de protecţie a întregii suprafeţe este ca :

$$D \leqslant 8\,(h - h_x)\,p$$

în care D reprezintă diametrul unei circonferinţe trecînd prin urmele paratrăsnetelor. În această figură avem :

a', a'', a''' — distanţa între cele trei paratrăsnete.

b'_x, b''_x, b'''_x — distanţa între liniile care unesc centrele zonelor de protecţie şi zonele laterale de protecţie.

r_x — raza zonei de protecţie.

Aceeaşi condiţie se cere şi în cazul protecţiei spaţiului dintre 4 tije de paratrăsnet (fig. 4) şi care :

a', a'', a''', a'''' — distanţa între cele patru paratrăsnete ;

b'_x, b''_x, b'''_x, b''''_x — distanţa între liniile care unesc centrele zonelor de protecţie şi zonele laterale de protecţie ;

r_x — raza zonei de protecţie ;

D — diagonala maximă a cuadrilaterului.

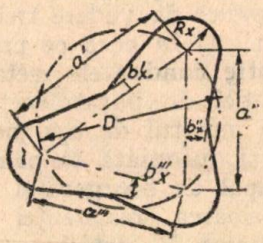


Fig. 3.

În ceea ce priveşte calculul prizelor de pământ de diferite forme, Dolghinov indică următoarele formule (tabela 1).

Tot în funcţie de forma prizei, de numărul de derivaţii, de lungimea derivaţiei şi de numărul de electrozi, Dolghinov indică valoarea factorului de utilizare η_i conform tabelei 2. Acest factor de utilizare variază între 0,55 — 1.

Acolo unde cunoaştem în mod precis rezistenţa pământului putem utiliza în loc de $R\sim$ rezistenţa prizei de joasă frecvenţă şi densităţi

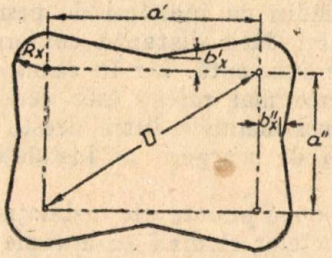


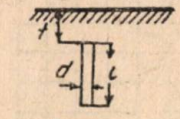
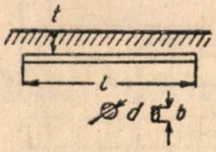
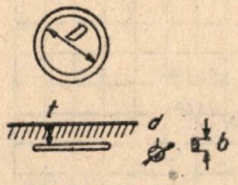
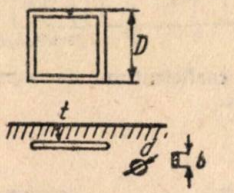
Fig. 4.

mici de curent, R_i care este rezistenţa de impuls astfel avem :

$R_i = \alpha_i R\sim$ în care α_i este coeficientul de impuls care ţine seama de particularităţile regimului de impuls şi de curenţii trăsnetului.

Tabela 1

Formule de calcul pentru determinarea rezistenței de pămîntare $R_\sim$ și a rezistivității specifice a solului ρ

Forma electrodului	Dispoziția electrodului în pămînt	Formule pentru calculul rezistenței de pămînt pentru ρ dat	Formule pentru calculul rezistivității specifice pentru $R_\sim$ măsurat
Țevi		$R_\sim \simeq \frac{0{,}37\,\rho}{l} \lg \frac{4l}{d}$	$\rho = \frac{2{,}7lR_\sim}{\lg 4l/d}$
Oțel rotund sau platbandă		$R_\sim = \frac{0{,}37\,\rho}{l} \lg \frac{l^2}{td}$ $R_\sim = \frac{0{,}37\,\rho}{l} \lg \frac{2l^2}{tb}$	$\rho = \frac{2{,}7lR_\sim}{\lg l^2/td}$ $\rho = \frac{2{,}7lR_\sim}{\lg 2l^2/tb}$
Inel de oțel rotund sau platbandă		$R_\sim = \frac{0{,}12\,\rho}{D} \lg \frac{4\pi D^2}{td}$ $R_\sim = \frac{0{,}12\,\rho}{D} \lg \frac{8\pi D^2}{tb}$	
Centură patrată din oțel rotund sau plat-bandă		$R_\sim = \frac{0{,}13\,\rho}{D} \lg \frac{D^2}{td}$ $R_\sim = \frac{0{,}13\,\rho}{D} \lg \frac{2D^2}{tb}$	

Toate dimensiunile sînt date în cm, ρ în ohm/cm, $R_\sim$ în ohm.

Această deosebire între rezistența $R_\sim$ și R_i se mai datorește procesului de descărcări prin arc în pămînt datorită marii amplitudini instantanee a curentului trăsnetului. Aceste procese fac să apară potențiale ridicate la priza de pămînt, care acționează favorabil micșorînd rezistența de trecere la impuls a prizei față de rezistența prizei la frecvența industrială. Acest efect este cu atît mai mare cu cît solul are o rezistență specifică mai mare.

Această rezistență de impuls este cu atît mai mică cu cît intensitatea curentului de trăsnet este mai mare. În nomogramele din fig. 5 și 6 se dă valoarea coeficientului de impuls pentru prize de pămînt de diferite forme și în care s-a socotit ca intensitate de calcul a curentului trăsnetului captat de prize de 80 kA.

Există și curbe în care curentul de calcul al trăsnetului este luat de 100 kA. Totuși valoarea de 80 kA, ca valoare medie a curentului de trăsnet este mai reală, deoarece circa 85% din totalitatea loviturilor de trăsnet au intensități sub 60 kA, iar numai circa 15%au intensități mai mari și în mod cu totul excepțional între 80 kA pînă la 200 kA.

În ceea ce privește coeficientul de impuls dat de Dolghinov el este mai precis stabilit în tabelele date, deoarece este indicat nu numai pe baza rezistivității solului ci și în funcție de forma prizei de curent și de intensitatea curentului de trăsnet. De altfel coeficientul de impuls dat de Stekolnikov este un coeficient mediu și din comparațiile făcute asupra rezultatelor obținute aplicînd ambii coeficienți, rezultă o diferență de $\pm 20\%$ la rezistența totală a prizei.

Astfel rezistența unei prize compuse se determină după formula:

$$R = \frac{1}{\eta_i \Sigma \frac{1}{R_i}}$$

în care:

$\frac{1}{\Sigma R_i}$ este suma rezistențelor de impuls a prizelor individuale;

η_i — coeficientul de utilizare a prizei;

R — rezistența sistemului de punere la pămînt.

Pentru n prize identice valoarea rezistenței sistemului este:

$$R = \frac{R_i}{n} \cdot \frac{1}{\eta_i}$$

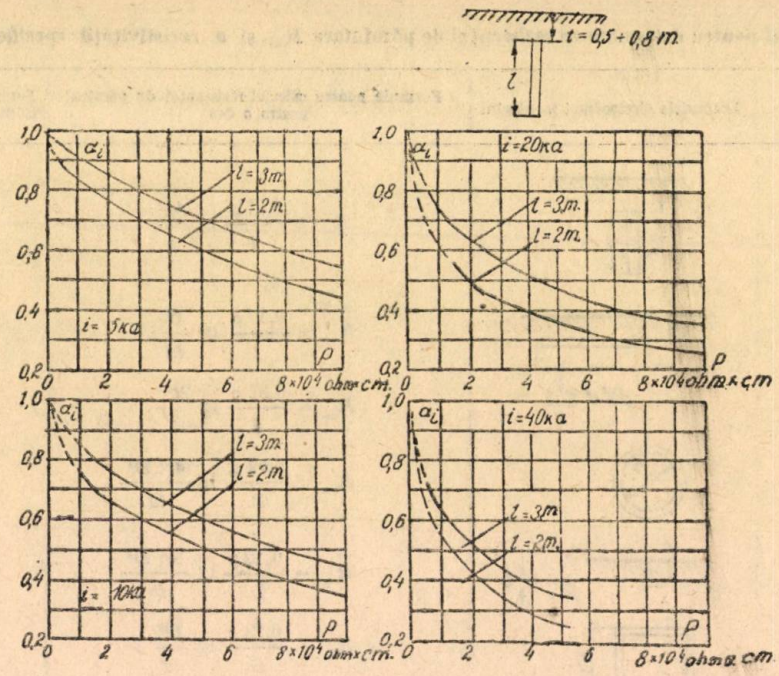


Fig. 5. Curbe de calcul pentru determinarea coeficientului de impuls a unei prize tubulare.

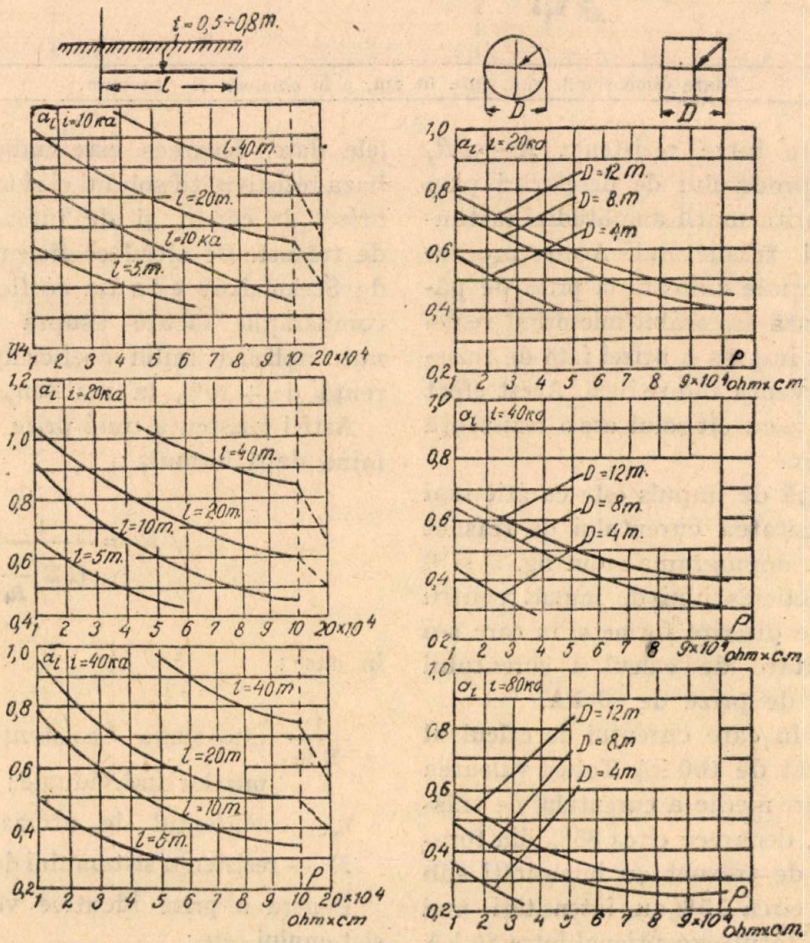
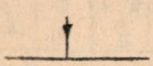
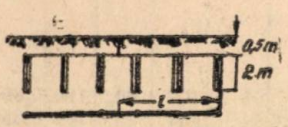


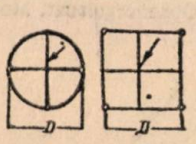
Fig. 6. Curbe de calcul pentru determinarea coeficientului de impuls a unei prize în formă de bandă.

Tabela 2

Coeficienţi de utilizare η_i a tipurilor de prize

Forma prizei	Coeficienţii de utilizare				
		$\eta_i = 1$			
	l, m	10	20	30	40
	η_i	0,75	0,8	0,85	0,9
	l, m	10	20	30	40
	η_i	0,65	0,7	0,75	0,8

	Nr. de derivaţii	Lung. derivaţiei l în m	nr. electrozilor	η_i
	2	10	3	0,90
		20	5	0,90
		30	7	0,85
		40	10	0,85
	3	10	3	0,65
		20	5	0,75
		30	7	0,80
		40	10	0,80
	4	10	3	0,55
		20	5	0,65
		30	7	0,70
		40	10	0,70

Forma prizei	Coeficienţi de utilizare η_i l = lung. ţevii		
	Dl	3,5	5
	η_i	0,7	0,75
	Dl	3	4,5
	η_i	0,7	0,75

în care R_i este rezistenţa de impuls a unei prize individuale.

Calculul rezistenţei de impuls R_i se face în ordinea următoare :

a) se determină valoarea rezistenţei $R\sim$ a diferitelor elemente ale prizei după tabela 1 ;

b) curentul de impuls care se scurge prin priză (luat de 80 kA) se repartizează fiecărui element al prizei invers proporţional cu $R\sim$;

c) coeficientul de impuls α_i se găseşte în nomogramele din fig. 5 şi 6 pentru ρ dat şi în funcţie de dimensiunile şi forma prizei ;

d) se determină coeficientul de utilizare a prizei după tabela 2 ;

e) pe baza valorilor obţinute mai sus se calculează valoarea totală a prizei de pământ.

Rezistenţa de impuls a unei prize cu n ţevi unite între ele printr-o bandă orizontală se află prin formula :

$$R = \frac{\frac{R_{it}}{n} \cdot R_{ib}}{\frac{R_{it}}{n} + R_{ib}} \cdot \frac{1}{\eta_i}$$

în care :

R este rezistenţa de impuls a sistemului de prize ;

R_{it} — rezistenţa de impuls a unei ţevi de punere la pământ ;

R_{ib} — rezistenţa de impuls a benzii de oţel de legătură între ţevi şi de la conductorii de scurgere ;

η_i — coeficientul de utilizare.

Rezistenţa de impuls a unei prize compuse din n derivaţii cu cîte n_1 ţevi la fiecare derivaţie se calculează după formula :

$$R = \frac{R_{it} \cdot R_{ib}}{n\,(R_{it} + n_1 R_{ib})} \cdot \frac{1}{\eta_i}$$

în care :

n este numărul ţevilor îngropate în pământ ;

n_1 — numărul derivaţiilor.

În tabela 3 dată de Stekolnikov se indică de-a dreptul valorile coeficientului de impuls pentru diferife tipuri de prize de pământ, şi pentru diferite valori ale lui ρ.

În ceea ce priveşte distanţa în m între dispozitivul prizei de punere la pământ al instalaţiei de paratrăsnet şi punctul cel mai apropiat al circuitului de punere la pământ de protecţie al instalaţiei, ea trebuie să fie :

$$D_{pp} = 0{,}5\, R_i,$$

în care R_i este rezistenţa de impuls.

Distanţa în aer în metri între o tijă de paratrăsnet izolată şi construcţie la o înălţime h (în m) ea trebuie să fie de minimum :

$$D_{pc} = 0{,}3\, R_i + 0{,}1\, h.$$

Tabela 3

Tipul prizei	Schița	Consum de metal		Pentru rezistivități specifice ale solului											
		Cantitatea		$0{,}5\ 10^4$ ohm cm			10^4 ohm cm			5.10^4 ohm cm			10^5 ohm cm		
		Teavă l = 3m	Platbandă 40×4 ml	R_i, ohm	$R_\sim$, ohm	$\frac{R_i}{R_i = R_\sim}$	R_i, ohm	$R_\sim$, ohm	$\frac{R_i}{\alpha = R_\sim}$	R_i, ohm	$R_\sim$, ohm	$\frac{R_i}{\alpha_i = R_\sim}$	R_i, ohm	$R_\sim$, ohm	$\frac{R_i}{\alpha_i = R_\sim}$
Platbandă			2	21	22	0,95	35	44	0,8	88	220	0,4	154	440	0,35
Teavă de lungime															
3 m		1	—	12,9	13,65	0,95	21,8	27,3	0,8	54,6	136,5	0,4	95,5	273	0,35
2,5 m.		1	—	14,8	15,6	0,95	25	31,3	0,8	62,5	156	0,4	110	313	0,35
2 m		1	—	17,6	18,5	0,95	2	37	0,8	74	185	0,4	129	370	0,35
Platbandă cu racord în mijlocul lungimii															
5 m.				9	9,5	0,95	15,2	19	0,8	38	95	0,4	66,5	190	0,35
6 m.				8	8,4	0,95	13,4	16,8	0,8	33,6	84	0,4	58,6	168	0,35
8 m.				6,5	5,86	0,95	13	13,7	0,8	27,5	68,6	0,4	41	137	0,35
10 m.				5,55	5,85	0,95	11,7	11,7	0,8	23,4	58,5	0,4	41	117	0,35
Două țevi de 3 m legate printr-o platbandă de lungime															
3 m.		2	3	5,1	5,8	0,55	9,6	11,6	0,83	25	58	0,43	42,5	116	0,366
6 m.		2	6	4	4,5	0,89	7,9	9,1	0,87	20	45	0,45	33,6	91	0,37
Trei țevi de 3 m. dispuse în rînd legate printr-o platbandă de 12 m. lungime		3	12	~2,75	2,75	~1	5	5,7	0,88	12,7	27,5	0,46	21	55	0,38

Bibliografie

[1] *Stekolnikov S. S. Komelsov V. S., Bogomolov, A. F., Lichaeev, F. A., Borisov V. N.*, și *Lopșil M. N.* Protecția construcțiilor și clădirilor industriale contra trăsnetelor, Edit. Academia de Stiințe din U.R.S.S. Moscova 1951.

[2] *A. B. B.*: Protecția împotriva trăsnetelor, Institutul de Documentare Tehnică, București, 1953.

[3] *Dolghinov A. I.*: Protecția instalațiilor electrice împotriva descărcărilor atmosferice, Gosenergoizdat, Moscova, Leningrad, 1954.

★

РАСЧЕТ МОЛНИЕОТВОДОВ

Резюме.

В настоящей статье указывается каким должно быть сопротивление заземления в зависимости от расстояния между заземлением и остальными установками или металлическими массами защищаемого здания.

Указывается также как расчитывается импульсное напряжение и сопротивление заземления в зависимости от удельного сопротивления почвы и рода и формы заземлителя.

CERCETAREA UNOR DISTRUGĂTORI DE ENERGIE HIDRAULICĂ

Prof. dr. ing. A. BÂRGLĂZAN, prof. ing. V. GHEORGHIU, ing. I. ANTON, ing. I. PREDA, ing. F. GYULAI, ing. V. ANTON

Se tratează problema distrugătorilor de energie din avalul stăvilarelor utilizate în construcții hidrotehnice. După o prealabilă cercetare a criteriilor de similitudine, se consideră un caz concret dat și se determină dimensiunile machetei, respectiv condițiile de încercare în laborator. Se analizează fazele de desfășurare a măsurătorilor pe machetă, se organizează rezultatele și observațiile obținute. Se analizează de asemenea soluțiile ce s-au desprins din cercetare, iar soluția optimă se compară cu execuția din natură.

Dezvoltarea actuală în exploatarea resurselor hidraulice, datorită extensiunii și diversității problemelor, precum și introducerea unor criterii economice în proiectarea diferitelor instalații a impus din ce în ce mai accentuat arbitrajul cercetărilor de laborator. În adevăr complexitatea fenomenelor care sînt tratate matematic prin relații simplificate, impune studiul lor pe cale experimentală. Astfel, organizarea și exploatarea construcțiilor celor mai îndrăznețe, care necesită de cele mai multe ori investiții masive sînt asigurate pentru condiții optime de funcționare, prin cercetări pe modele reduse. Exemplificări minunate pot fi aduse din U.R.S.S., și din patria noastră.

Colectivul nostru a studiat problema distrugătorilor de energie din avalul stăvilarelor, problemă de actualitate pentru construcțiile hidrotehnice din țara noastră.

Cazul practic ales, se referă la o construcție amenajată pentru controlul debitelor pe un canal, în amonte de porțiunea navigabilă. Pentru aceasta construcția dispune de un stăvilar de fund, iar în amonte de un deversor de descărcare pe un canal în derivație. În aval de stăvilar energia cinetică a apei evacuată în albie provoacă afuierea fundațiilor construcției, periclitîndu-i stabilitatea, de unde s-a impus construirea unui distrugător de energie.

Problema afuierii în avalul construcției hidrotehnice formează de fapt obiectul unor minuțioase cercetări științifice, în care, criteriile teoretice sînt îmbinate cu verificări experimentale pe modele reduse, utilizînd legile de similitudine mecanică.

Scopul urmărit prin cercetarea noastră a fost pe de o parte aprofundarea problemelor legate de distrugătorii de energie și în același timp verificarea experimentală a unei soluții propuse de instituția tutelară pentru cazul dat.

În primul rînd s-a stabilit criteriul de similitudine pentru executarea modelului, urmărindu-se realizarea unei precizii suficiente în înregistrarea măsurătorilor experimentale. Astfel după calculele preliminare s-a adoptat scara modelului 1 : 25 (tabela 1) și s-a realizat o instalație de încercare cu aparatura și utilajul aferent, modelul reprezentînd construcția cu stăvilarul de fund, o porțiune de aducție în amonte și o porțiune în aval. Versanții albiei din aval au fost construiți din beton după profile transversale, iar patul mobil al albiei din nisip cu granulometria stabilită din încercări (fig. 3). S-a stabilit deasemenea un sistem de referință cu originea pe axa radierului stăvilarului în secțiunea finală din aval, nivelul aval la cota $z = +5{,}2$ cm, debitul normal $q_{normal} = 12{,}8$ l/s, și debitul majorat cu circa 50% $q_{maxim} = 19{,}4$ l/s (corespunzător unei frecvențe de o dată la 100 ani), iar poziția stăvilarului la deschiderea $a = 4$ cm.

Eroarea absolută maximă de măsură în plan și pe verticală este de ± 1 mm, iar debitele s-au măsurat cu eroare medie de $\pm 0{,}1$ l/s, după o prealabilă etalonare a deversorilor. Astfel transformările în domeniul execuției vor fi afectate de erori lineare de $\pm 2{,}5$ cm, și în ce privește debitele de o eroare de $\pm 0{,}3$ m³/s.

Pentru a putea sistematiza lucrările experimentale s-a studiat mecanismul eroziunii, urmărind și comparația rezultatelor de pe model cu cele din natură. În acest scop s-a considerat profilul modelului după traseul *ABC* (fig. 4), cu nivelul nisipului la cota $z = -2$ cm, și s-a lucrat cu debitul mediu $q_{mediu} = 18{,}9$ l/s cu stăvilarul deschis în poziția $a = 4$ cm, pentru a obține într-un timp redus efecte acoperitoare în dezvoltarea fenomenului de eroziune. Rezultatele înregistrate (profil *1*, fig. 4) au dovedit o sensibilă corespondență între model și natură ($-z_{maxim} = 26$ cm, iar la fundații o afuiere de $-z_B = 21{,}3$ cm, ceea ce corespunde în natură la $z_{max} = 6{,}5$ m și la $Z_B = 5{,}3$ m).

Din prima serie de încercări s-a observat că groapa de eroziune s-a format sub acțiunea a două vîrtejuri cu axul orizontal dintre care unul anterior, care dezvoltă profilul de eroziune în aval și unul posterior care propagă procesul de eroziune în amonte spre fundații. S-au remarcat de asemenea două vîrtejuri laterale, cu axul vertical care deși în măsură mai mică, extindeau totuși afuierea fundațiilor pe toată lățimea albiei. Distrugătorul de energie corespunzător acestei situații trebuie să anihileze aceste efecte, evacuînd apa din instalație sub forma unui curent axial, cu o viteză redusă și cu o acțiune de antrenare neglijabilă.

Tabela 1

Nr. crt.	Mărimea	Scara generală	Scara Froude	Valoarea scării =25
1	Lungime	λ	λ	25
2	Timp	τ	$\lambda^{1/2}$	5
3	Forță	φ	λ^3	15625
4	Viteză	$\lambda\tau^{-1}$	$\lambda^{1/2}$	5
5	Debit	$\lambda^3\tau^{-1}$	$\lambda^{5/2}$	3125
6	Debit/m	$\lambda^2\tau^{-1}$	$\lambda^{3/2}$	1250

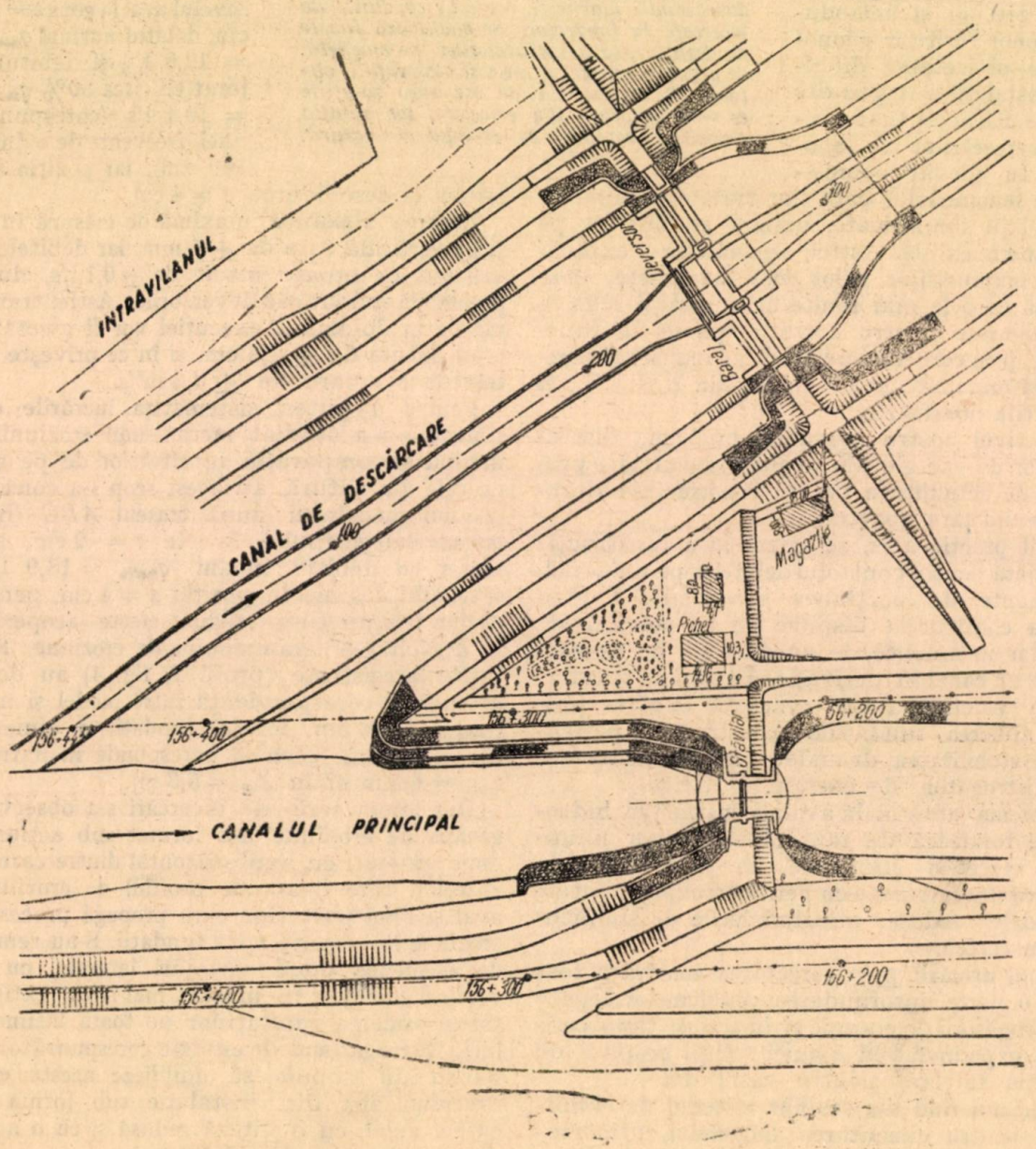
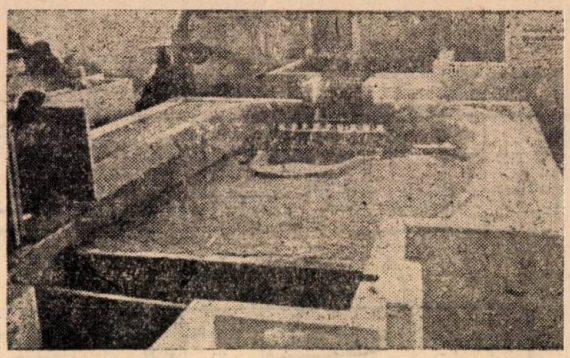
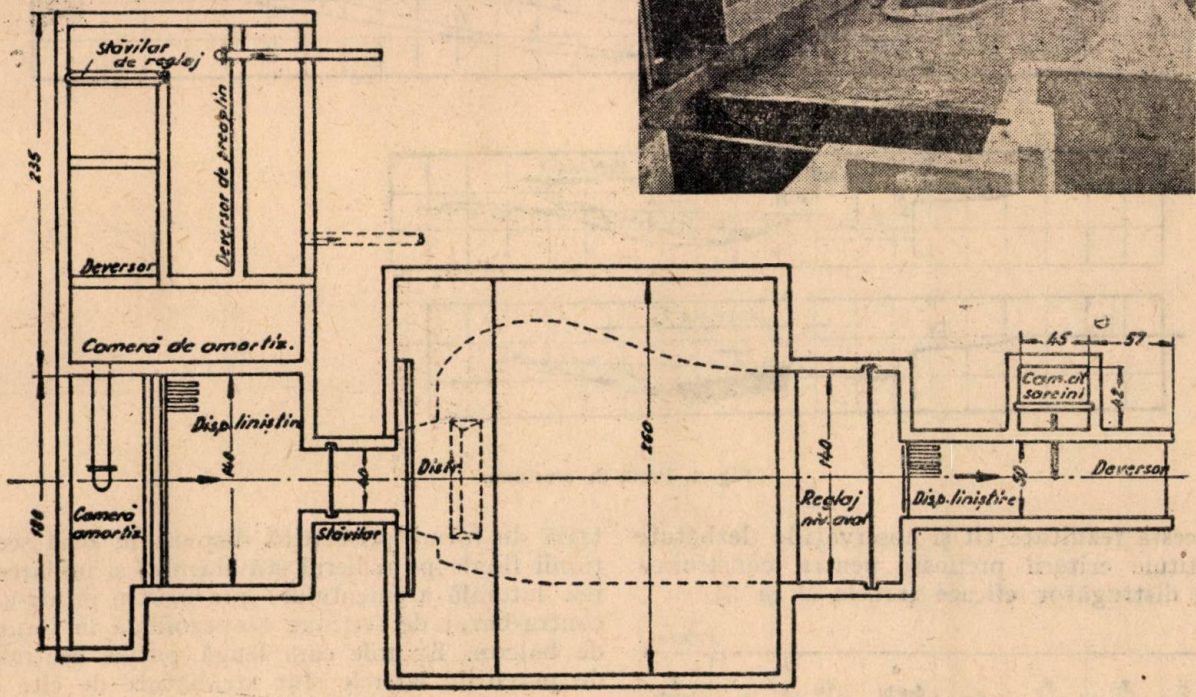

INTRAVILANUL
CANAL DE DESCÂRCARE
CANALUL PRINCIPAL
Deversor
Baraj
Magazile
Pichet
Stavilar
200
100
156+400
156+300
156+200

Fig. 1

Obiectivul celei de a doua serie de încercări a fost în particular, verificarea pe cale experimentală a unui distrugător de energie propus de instituţia tutelară pentru construcţia dată. Astfel profilul modelului a fost completat după traseul A, B, D, E, cu nivelul iniţial al nisipului la cota $z = -6$ cm (E). S-au avut în vedere două ipoteze de încercare:

— regim încărcat cu $q = 18{,}5$ l/s, stăvilarul deschis la $a = 4$ cm.





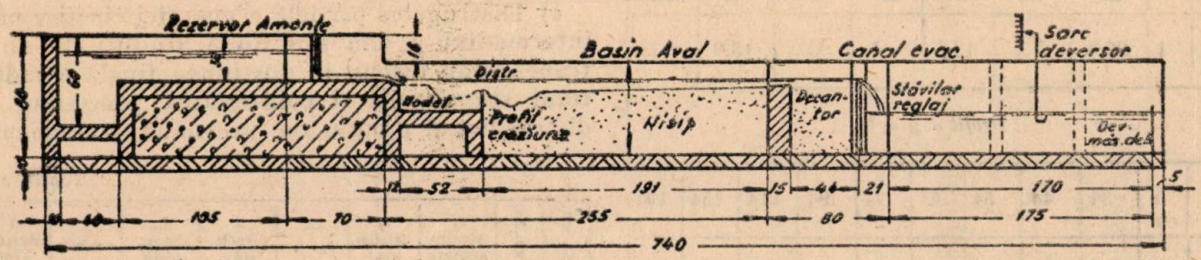


Fig. 2. Instalaţia de încercare pentru distrugătorul de energie.

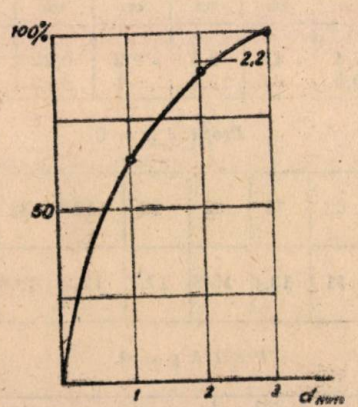


Fig. 3. Curba granulometrică a nisipului.

— regim normal cu $q = 12{,}8$ l/s, stăvilarul complet deschis;

Rezultatele înregistrate (profil *2* şi *3*, fig. 4) cît şi observaţiile făcute au calificat distrugătorul drept necorespunzător, deoarece profilul de eroziune faţă de seria de încercări anterioare a rămas aproape neschimbat. Distrugătorul funcţionează înecat, chiar în faza de demarare a seriei de încercări *2*, s-a putut observa creşterea directă a ineficacităţii distrugătorului odată cu ridicarea nivelului aval. În seria de încercări *3*, apa părăseşte stăvilarul sub forma unui curent torenţial ($v = 1{,}8$ m/s, $V = 9$ m/s) care este proiectat peste distrugător şi atacă cu mult efect materialul albiei. Cele două vîrtejuri laterale se menţin spălînd fundaţiile pereurilor. Din aceste serii de experienţe se pune clar în evidenţă eficacitatea cercetărilor de laborator în aceea că,

pe de o parte prin rezultatele obținute s-a putut evita o amenajare în natură costisitoare, care n-ar fi adus nici o ameliorare situației date, apoi

Sistematizînd soluțiile imaginate s-au pus în evidență două dispozitive de principiu.

a) Despicarea vînei torențiale cu o piesă centrală de formă prismatică dispusă în zona secțiunii finale pe radierul stăvilarului și întoarcerea laterală a curentului spre centru printr-un contra-baraj de secțiune trapezoidală în formă de balcon. Epiurile care leagă partea centrală de pereurile laterale sînt străbătute de cîte o conductă orizontală dispusă la 45° față de axa instalației pentru anihilarea cu contra curent a vîrtejurilor, laterale (fig. 5).

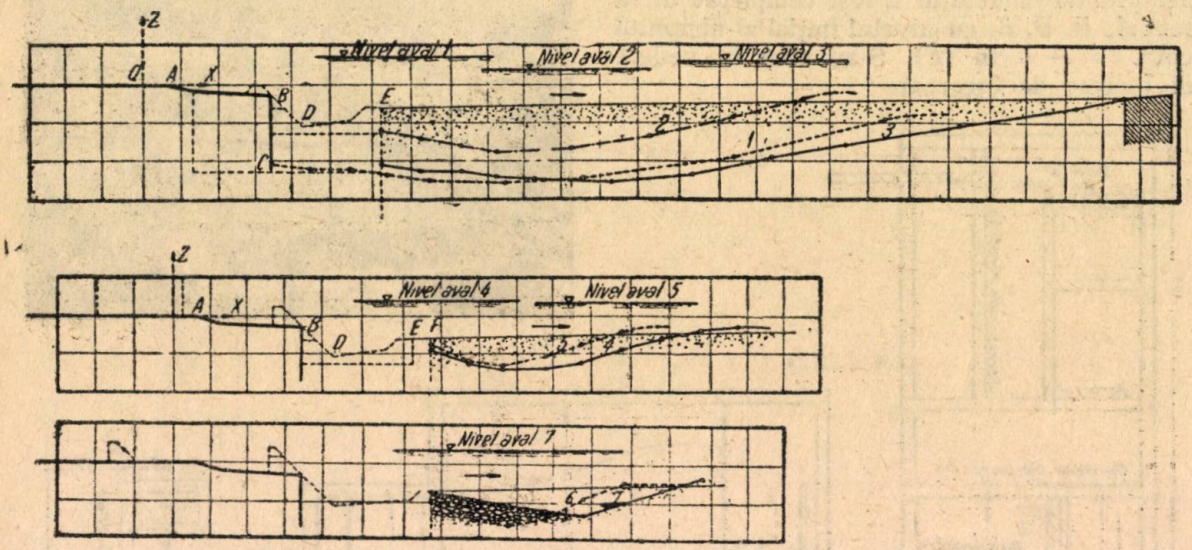


Fig. 4. Profil de eroziune.

că aceste rezultate cît și observațiile dezbătute constituie criterii prețioase pentru construirea unui distrugător eficace (tabela 2 și 3).

Tabela 2

N. crt.	Exp. Nr.	Z_1 sarcina amonte	Z_2 sarcina aval	$Z = Z_1 - Z_2$	a deschiderea stăvilarului	d_{90} diam. car.	q debit	T durata experienței
		cm	cm	cm	cm	cm	l/s	ore
1	1	20,4	7,2	13,2	4	0,22	18,9	8,33
Profil 1 $y = 0$								
2	x cm	34	44	54	64	74	94	114	154	194
	$-z$ cm	21,3	22,7	22,7	23,8	25,2	26	24,7	19,2	10,9

În continuarea cercetărilor, s-a urmărit realizarea distrugătorului de energie optim, cu condiția suplimentară stipulată din punct de vedere economic, de a aduce modificări minime distrugătorului dat. Seriile de încercări anterioare au demonstrat că în acest caz procesul de distrugere a energiei va trebui fracționat în două etape:

— realizarea unei prime camere de consumare prin turbulență a energiei, în imediata apropiere a stăvilarului, prin dispozitive corespunzătoare, apoi;

— completarea procesului în distrugătorul propriu zis cu modificările aduse pînă la obținerea unui profil de eroziune acceptabil, fără afuierea fundațiilor, nici în partea centrală nici în părțile laterale.

b) Distrugerea parțială a energiei cinetice prin intermediul a unu sau două rînduri de dinți trapezoidali dispuși în porțiunea finală a radierului stăvilarului și continuarea procesului în distrugătorul propriu zis, prevăzut de asemenea

Tabela 3

Nr. crt.	Exp. Nr.	z_1 sarcina amonte	z_2 sarcina aval	$z = z_1 - z_2$	a desch. stăv.	d_{90} diam. nisip	q debit	T durata exp.
		cm	cm	cm	cm	cm	l/s	ore
1	2	7,4	4,9	2,5	9,2	0,22	13	11
2	3	19,5	6,6	12,9	4	0,22	18,4	10
Profil 2 $y = 0$								
3	x cm	62	72	82	92	112	132	152	172
	$-z$ cm	11	13,4	15,8	17,7	17,2	13,8	8,9	3,9
Profil 3 $y = 0$											
4	x cm	62	72	82	92	102	122	142	162	182	212	242
	$-z$ cm	21,4	23,4	23,6	24,6	25,2	24,9	22,8	19,2	16,3	12,6	6,6

cu o creastă dințată. Desființarea epiurilor are ca efect anihilarea vîrtejurilor laterale (fig. 6).

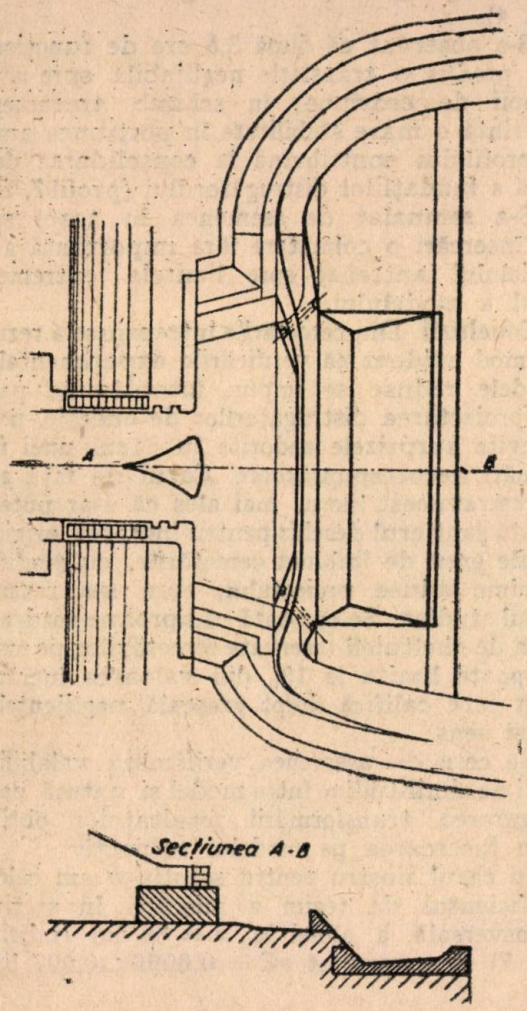


Fig. 5. Distrugător de energie.

Tabela 4

Nr. crt.	Exp. Nr.	z_1 sarcina amonte	z_2 sarcina aval	$z = z_1 - z_2$	a deschid. stăvil.	d_{90} diam. nisip.	q debit	T durata
		cm	cm	cm	cm	cm	l/s	ore
1	4	21,7	5,2	16,5	4	0,22	18,4	6,75
2	5	18	5	13	4	0,22	18,2	5,50
Profil 4 y = 0								
3	x cm	68	78	88	98	108	118	128	138	149
	—z cm	8,7	12,9	14,2	14,2	12,4	9	5,9	4,7	3,6
Profil 5 y = 0								
4	x cm	68	78	88	98	108	118	
	—z cm	7,7	12,7	13,6	11,8	8,2	5	

Încercările au condus de asemenea la prelungirea profilului distrugătorului propiu zis (de la *E* la *F* fig. 4).

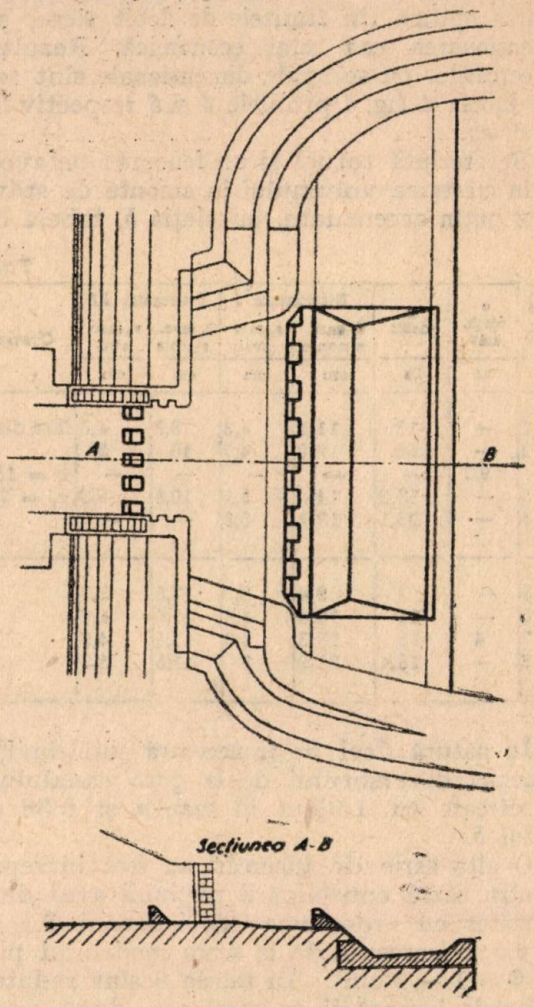


Fig. 6*a*. Distrugător de energie.

Seriile de încercări întreprinse au demonstrat funcționarea în bune condiții a ambelor dispoziții: adîncimile maxime de eroziune au fost limitate la 8 cm, afuierile la fundații în partea centrală neglijabile 1,7 cm, respectiv 2,7 cm și

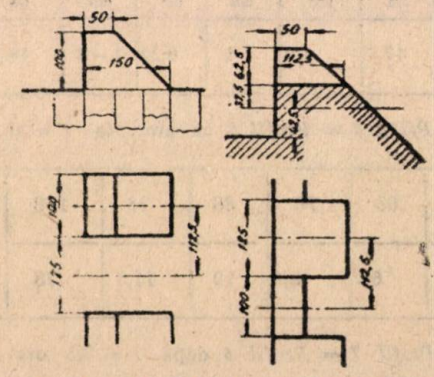


Fig. 6*b*. Distrugător de energie-detalii.

anihilate complet în părțile laterale, iar lungimile maxime a gropilor de eroziune s-au limitat la 70 cm, respectiv 50 cm. Rezultatele obținute sînt reprezentate în fig. 4 profil *4* și *5*.

Dimensiunile pieselor distrugătoarelor *a* şi *b* au fost determinate prin seriile de încercări corespunzătoare urmărindu-se pe lîngă funcţionarea optimă (în limitele de debit alese) şi dimensionarea cea mai economică. Rezultatele încercărilor cu soluţiile dimensionale sînt redate în tabela 4 fig. 4 profilele *4* şi *5* respectiv fig. 5 şi 6, *ab*.

Se prezintă totuşi şi un fenomen nefavorabil prin creşterea volumului în amonte de stăvilar, mai puţin accentuate, în soluţia *b*, tabela 5.

Tabela 5

Nr. crt.	a desch. stăv.	q debit	Distrugător I		Distrugător II		Observaţii
			z_1 sarc. amonte	z_2 sarc. aval	z_1 sarc. amonte	z_2 sarc. aval	
	cm	l/s	cm	cm	cm	cm	
1	—	13	11,5	4,3	8,8	4,6	fără distrug.
2	—	16	12,9	4,7	10	5	
	9,2	—	—	—	—	—	q = 13 l/s
3	—	18,3	14	5,1	10,8	5,3	z_1 = 7,3 cm
4	—	26,1	17,1	5,8	—	—	
5	—	7	9,4	3,3	7,5	3,5	
6	—	15	13,4	4,3	11,5	4,6	
7	4	16	18,3	4,6	13,5	4,9	
8	—	18,4	21,9	5	17,5	5,3	

În natură deci ar fi necesară supraînălţarea muchiei deversorului de la gura canalului de descărcare cu 1,05 m în cazul *a* şi 0,38 m în cazul *b*.

O altă serie de încercări au fost întreprinse pentru cazul consolidării porţiunii aval de distrugător cu arocamente de bolovani $\Phi = 0{,}25 - 0{,}5$ m (corespunde la scara modelului pietriş cu $\Phi = 1 - 2$ cm). În tabela 6 sînt redate rezultatele încercării în acest caz, după consolidarea pe întreaga lăţime a distrugătorului, a albiei în limitele profilului *5* ajustat prin îndepărtarea nisipului pe o adîncime de 4 cm, de la ultimul prag aval al distrugătorului (profil *6*, fig. 4).

Tabela 6

Nr. crt.	Exp. Nr.	z_1 sarcina amonte	z_1 sarcina aval	a deschid. stăvil.	d_{90} nisip	d_{50} aroc.	q debit	T durata experienţei
		cm	cm	cm	cm	cm	l/s	ore
1	6	17,7	4,9	4	0,22	1—2	18,4	3,5
Profil 6 = Profil 5 cu aroc. la $T = 0$								
2	x cm	68	78	88	98	108	118	
	z— cm	6,7	8,8	10	11,3	78	4,4	
Profil 7 = Profil 6 după T = 3,5 ore								
3	x cm	68	78	88	98	108	118	128	138
	$-z$ cm	6,5	8	9,6	10,8	11,5	8,3	5,7	3,7

S-a observat că după 3,5 ore de funcţionare, s-a produs o translaţie neglijabilă spre aval a gropii de eroziune; în schimb arocamentele prezintă o mare stabilitate în porţiunea amonte a profilului contribuind la consolidarea definitivă a fundaţiilor distrugătorului (profil 7, fig.4).

S-a semnalat de asemenea în toate seriile de încercări o colmatare fără importanţă a materialului antrenat spre limitele extreme în aval a modelului.

Concluzii. Din cercetările întreprinse a rezultat în mod evident că verificările experimentale pe modele reduse se impun întotdeauna paralel cu proiectarea distrugătorilor de energie, pentru a evita surprizele nedorite în cazul unei funcţionări necorespunzătoare. Cazul de faţă a demonstrat acest lucru, mai ales că s-ar putea ca odată şantierul deschis pentru lucrarea originală, să fie greu de îmbinat cercetările, cu modificări minime aduse proiectului, cum s-a reuşit în cazul studiat. Se constată că, aproape totdeauna, cota de cheltuieli rezervate cercetărilor pe modele se poate limita la 1% din valoarea lucrărilor, fapt care califică drept greşeală neglijenţele în acest sens.

Se cere de asemenea verificarea valabilităţii legii de similitudine între model şi natură pentru asigurarea transformării rezultatelor obţinute prin încercarea pe modelul respectiv.

În cazul nostru pentru soluţia *b* am calculat coeficientul de regim a mişcării în secţiunea transversală a albiei la $x = 88$ cm (tabela 7, fig. 7) şi a rezultat $vR = 0{,}0096$; 0,007 limita

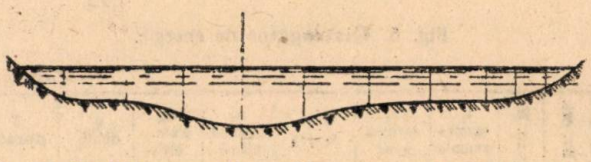


Fig. 7. Profil transversal $x =$ 88 cm cu vR model = 0,0096 m^2/s.

inferioară a regimului turbulent; deci avînd mişcări turbulente în domeniul modelului şi al execuţiei, s-a îndeplinit condiţia necesară pentru valabilitatea legii de similitudine adoptată (Froude).

Tabela 7

Profil trans. x = const	S secţiune	P perimetru muiat	R Raza hidr.	q debit	v viteză medie	vR coeficient de regim
cm	m^2	m	m	m^3/s	m/s	m^2/s
88	0,222	1,89	0,118	0,018	0,082	0,0096

Se mai poate observa că, în ce priveşte structura granulometrică a nisipului, $d_{50} < 1$ mm poate accentua procesul de eroziune în domeniul modelului; prin urmare, valorile din natură se

vor obține în mod acoperitor din valorile transformate ale modelului.

Soluția definitivă la care s-a ajuns în urma accesibile pentru a nu stingheri navigația și amplasamentele din aval. Fotografiile comparative demonstrează calitativ aceste împrejurări.

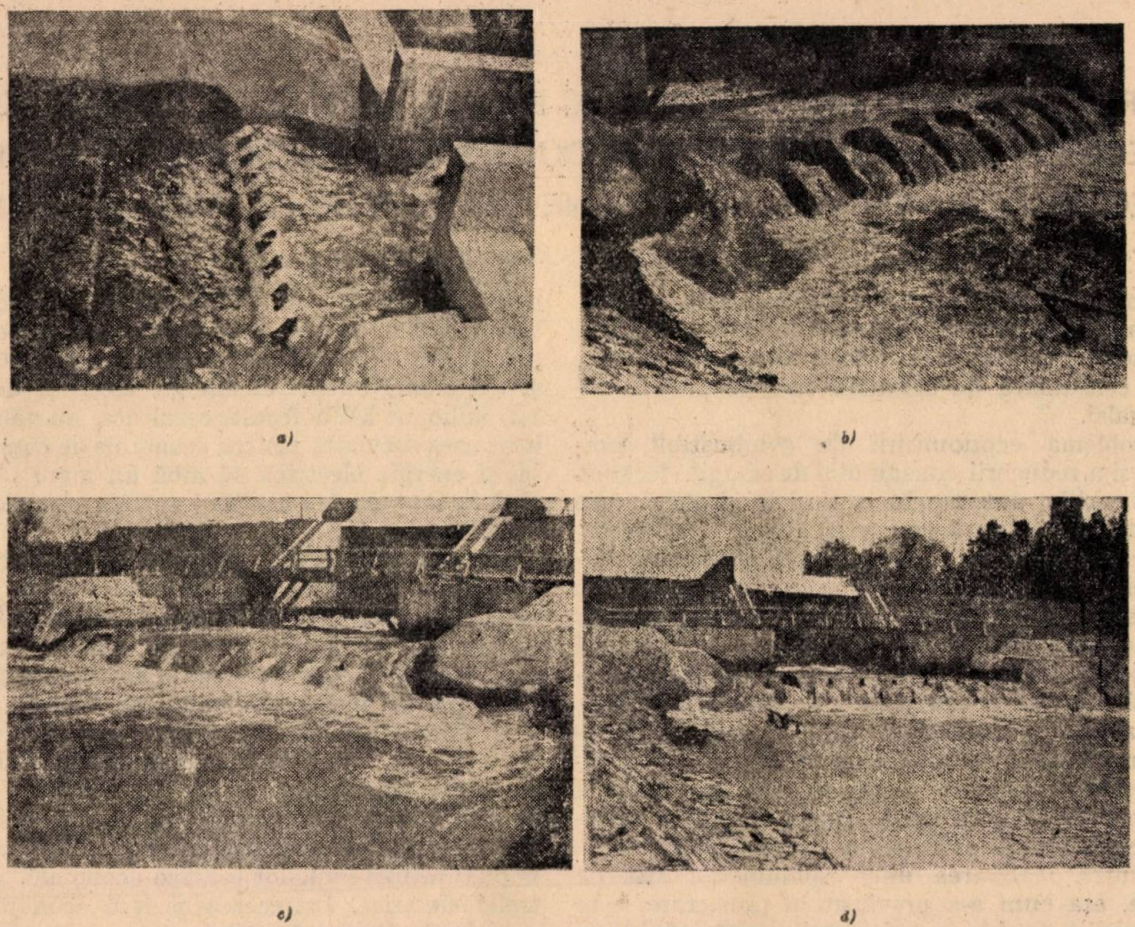


Fig. 8. Soluția definitivă a distrugătorului de energie care s-a executat și funcționează în bune condiții: a — în laborator b, c, d, — în natură

cercetărilor, cea mai eficace și economică (soluția *b*, fig. 6 *a*, și *b* respectiv fig. 4, profilul 7) comportă o funcționare bună pînă la debite $Q = 70$ m³/s, ceea ce reprezintă o frecvență de o dată la 75 ani, reducîndu-se în limitele admisibile fenomenul de eroziune din bazinul aval. Creșterea nivelului amonte în raport cu situația actuală este minimă: circa 40 cm la debitul $Q_{normal} = 40$ m³/s; execuția simplă, întreținerea ușoară.

Cercetările de laborator au fost confirmate pe deplin de execuția în natură, în limitele de debite

Notă: Deși în hidrotehnică se înțelege prin „distrugători" de energie instalațiile de „transformare" a energiei cinetice în alte forme de energie, totuși Comisia de terminologie de pe lîngă Academia R.P.R. (secția III-a) a propus termenul de „disipator" de energie pentru acest gen de lucrării.

Redacția

Bibliografie

[1] *Agroschin I. I., Dimitriev G. T., Picalov F. I.*: Hidraulica, vol. I și II.

[2] *Smoleaninov N. T.* ing.: „Influența regimului de scurgere a curentului de apă și a granulozității aluviunilor asupra spălării locale în bieful aval al construcțiilor" Construcții hidrotehnice, nr. 4/1951.

★

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОБОЕВ

Резюме

Рассматривается вопрос водобоев нижнего бьефа плотины, применяющихся в гидротехнических сооружениях.

После предварительного исследования критерий подобия, рассматривается конкретный случай и определяются размеры модели, соответственно условия лабораторных испытаний.

Производится анализ фаз через которые проходят измерения на модели, организуются полученные результаты и наблюдения. Анализируются решения полученные в течение исследований, а наилучшее решение сравнивается с выполненым сооружением.

INTRECEREA SOCIALISTĂ CA MIJLOC PENTRU MICȘORAREA CONSUMULUI SPECIFIC DE COMBUSTIBIL ȘI REDUCEREA CONSUMULUI DE ENERGIE ELECTRICĂ AL SERVICIILOR INTERNE DIN CENTRALE TERMOELECTRICE

Centralele termoelectrice sînt consumatori importanți de combustibil și energie electrică. Astfel din totalul de energie electrică produsă, 7 —10% este consumată de serviciile interne proprii ale centralei.

Problema economisirii de combustibil, precum și a reducerii consumului de energie electrică al serviciilor interne în centralele electrice, are o mare importanță energetică.

Tendința măririi randamentului general al centralei, prin micșorarea consumului specific de combustibil, ce revine energiei produse și prin micșorarea consumului de energie electrică al serviciilor interne, se urmărește încă de la începutul proiectării centralei. Se caută astfel să se realizeze acest obiectiv prin ridicarea parametrilor, alegerea de unități de puteri mari cu randamente superioare precum și prin introducerea acolo unde se justifică din punct de vedere tehnico-economic, a principiului termoficării.

Pentru realizarea unor randamente atît de bune, așa cum s-a prevăzut la proiectare, este necesar ca problema micșorării consumului specific de combustibil și a reducerii consumului serviciilor interne din centralele termoelectrice, să constituie o preocupare permanentă a personalului din exploatare.

Unul din ajutoarele cele mai de preț în urmărirea și realizarea acestui obiectiv de îmbunătățire a calității exploatării îl constituie întrecerea socialistă a personalului din exploatare.

La început se pare că procesul specific de producție al centralelor termoelectrice nu permite introducerea unei întreceri socialiste obiective, întrucît din procesul tehnologic nu rezultă indicii direcți, pe baza cărora să se compare munca personalului.

Întrecerea socialistă pe baza economisirii de combustibil și energie electrică a dovedit însă că poate fi aplicată în centralele electrice prin antrenarea în întrecere a tuturor muncitorilor și prin luarea ca bază a o serie de indici indirecți, care reflectă rezultatele obținute prin munca, și grija personalului de exploatare.

Întrecerea socialistă pentru economisirea de combustibil și energie electrică în centralele termoelectrice, a luat ființă pentru prima dată în U.R.S.S. în anul 1952, din inițiativa unei centrale de termoficare din Moscova. Rezultatele obținute încă în cursul anului 1952 la această centrală, au fost deosebit de promițătoare. Astfel, prin întrecerea socialistă s-a realizat o economie anuală de combustibil de circa 6 000 t și o economie anuală de energie electrică de circa 1,4 milioane kWh. Aceste rezultate, au făcut ca întrecerea socialistă pentru economia de combustibil și energia electrică să aibă un mare răsunet și să fie introdusă și în alte centrale electrice din U.R.S.S.

Importanța acestei noi mișcări de întrecere socialistă constă tocmai în faptul, că în întrecere sînt antrenați nu numai muncitorii profesiilor principale ale centralei, care nu constituie decît 20% din întreaga masă de muncitori, ci și cei din instalațiile auxiliare. Această antrenare este necesară pe de o parte pentru a scoate în evidență rezultatele muncii întregului personal din exploatare, iar pe de altă parte, ceea ce este și mai important, pentru că lucrătorii din instalațiile auxiliare pot contribui mult la îmbunătățirea indicilor tehnico-economici ai centralei electrice. Întrecerea pentru economisirea complexă de combustibil și energie electrică face în acest fel posibilă o închegare mai strînsă într-un singur colectiv a celor ce lucrează la un moment dat în diferite secții. Astfel fiecare muncitor ajută pe ceilalți și este cointeresat la realizarea unor indici generali ridicați pe întregul schimb. Această conlucrare este deosebit de importantă nu numai pentru realizarea de economii, dar și pentru asigurarea unei funcționări fără avarii a centralei electrice.

Pentru antrenarea a cît mai mulți muncitori în întrecere, este necesar ca la toate locurile de muncă să se stabilească cel puțin un indice precum și norma consumului pe agregat, pentru a permite urmărirea economisirii de combustibil și de energie electrică. Așa de exemplu, consumul de energie electrică poate fi introdus ca indice la ajutorii mecanicilor de turbine, la muncitorii de la manipularea combustibilului, de la compresoare, de la rezervoarele de apă de alimentare, etc. Consumul de energie electrică dintr-o tură poate fi determinat ușor cu ajutorul contoarelor instalate la diferitele locuri de muncă.

Organizarea întrecerii pentru economisirea de combustibil, întîmpină dificultăți mai ales în centralele electrice care consumă combustibil solid, întrucît la acestea este greu de introdus o evidență exactă a combustibilului ars pe schimburi.

Din această cauză, este necesar să se calculeze economia de combustibil în funcţie de indicii tehnico-economici indicaţi pentru diferiţi muncitori. Astfel pentru mecanicii de cazane se va stabili indicele de variaţie a conţinutului de CO_2, proporţia de substanţe combustibile din gazele de ardere evacuate, temperatura gazelor evacuate, etc., iar pentru mecanicii de turbine se va lua vidul, subrăcirea condensatului, etc.

Pentru a totaliza rezultatele întregului colectiv al schimbului este necesar ca toţi indicii menţionaţi ai mecanicilor de cazane şi turbine să fie transformaţi în aceleaşi unităţi, de exemplu în tone de combustibil convenţional. În acest scop, este necesar să se stabilească coeficienţii de transformare pentru fiecare cazan şi fiecare turbină şi să se calculeze cantitatea de combustibil care corespunde scăderii temperaturii gazelor evacuate cu 1°C, îmbunătăţirii vidului cu 0,1% etc.

O asemenea metodă dă posibilitatea să se scoată în evidenţă indicii care reflectă munca întregii brigăzi,cît şi a fiecărui muncitor în parte, adică permite stabilirea fruntaşilor şi codaşilor în producţie.

Mişcarea pentru economisirea complexă de combustibil şi energie electrică în centrelele electrice are cîteva trăsături caracteristice:

1. Se organizează evidenţa individuală a consumului de combustibil şi energie electrică pe baza normelor întocmite pentru locurile principale de producţie, precum şi pentru locurile de muncă ale instalaţiilor auxiliare.

2. Se popularizează în timpul cel mai scurt realizările de economii, folosindu-se indici omogeni, ca kWh pentru energia electrică şi tona de combustibil convenţional pentru combustibil. Atît organizarea evidenţei individuale cît şi popularizarea rezultatelor obţinute cad în sarcina serviciului de exploatare al centralei electrice.

3. Rezultatele muncii brigăzii trebuie analizate împreună cu diferitele secţii cu care conlucrează, pentru asigurarea unei economii maxime de combustibil şi de energie electrică.

4. Inginerul de serviciu trebuie să se ocupe, în afară de munca sa de conducător tehnic al centralei în tura respectivă, şi de organizarea personalului care participă la întrecere pentru a putea realiza cei mai buni indici în muncă.

Întrecerea socialistă, pe lîngă că permite obţinerea unor însemnate economii de combustibil şi energie electrică, are drept urmare şi rezolvarea unei serii întregi de alte probleme destinate unei mai bune organizări a muncii în centralele termoelectrice. Astfel, sînt scoase în evidenţă posibilităţile şi resursele de care dispune centrala electrică, se înlesneşte introducerea la centralele electrice a metodelor înaintate de organizare a muncii, se îmbunătăţeşte munca de masă cu personalul centralei. În afară de aceasta, apar într-o proporţie mai mare inovaţii şi propuneri de raţionalizare, care creează posibităţi de îmbunătăţire a muncii.

Întrecerea pentru economisirea de combustibil şi energie electrică face să crească interesul muncitorilor pentru ridicarea nivelului lor tehnic. Astfel, pentru obţinerea unui consum minim de energie electrică la pompele pentru apa de răcire (care consumă 50 — 80% din întreaga cantitate de energie electrică a secţiei grupurilor turbogeneratoare), personalul trebuie să cunoască în amănunţime caracteristicile de lucru ale pompelor, modul de variaţie al sarcinei, momentul adecvat de trecere de la funcţionarea cu o pompă la două pompe, etc.

Personalul de exploatare al pompelor de apă ale reţelelor termice din centralele de termoficare, trebuie să cunoască temeinic atît problemele legate de funcţionarea cît mai eficace a pompelor, cît şi problemele legate de procesul de reglare cantitativă sau calitativă a acestora lucru de care depinde direct consumul de energie eletrcică.

Din experienţa centralelor termoelectrice din U.R.S.S. care au introdus întrecerea pentru economisirea complexă de combustibil şi energie electrică, se constată că se creează în rîndul muncitorilor din toate secţiile şi de la toate locurile de muncă, un imbold serios pentru ridicarea calificării, ceea ce permite să se obţină economii însemnate de energie electrică şi combustibil.

Întrecerea socialistă pentru economisirea complexă de combustibil şi energie electrică se extinde şi la personalul de reparaţii. Prin executarea unor reparaţii capitale de calitate superioară la cazanele de abur, brigăzile de reparaţii se străduiesc să asigure o micşorare a pătrunderii aerului în cazan, ceea ce conduce la economii importante de combustibil şi energie electrică.

În aceste condiţii, interesul în muncă şi activitatea plină de dinamism a personalului centralei electrice au drept urmare utilizarea mai bună a numeroaselor rezerve interne şi dau rezultate preţioase în munca centralei electrice.

Economia complexă de combustibil şi de energie electrică, care se obţine prin utilizarea directă a rezervelor interne, fără a se mai face investiţii suplimentare, are o importanţă deosebit de mare, ceea ce se confirmă prin rezultatele obţinute în centralele termoelectrice din Uniunea Sovietică, unde a luat naştere această nouă întrecere, şi prin repeziciunea şi interesul cu care şi celelalte centrale termoelectrice din U.R.S.S. urmăresc introducerea ei.

I. Ciupuligă

STADIUL ACTUAL ŞI PROBLEME DE VIITOR ALE AMENAJĂRILOR HIDROENERGETICE

Prof. dr. ing. ***DORIN PAVEL***

Laureat al Premiului de Stat

Se arată importanţa utilizării energiilor hidraulice, stadiul de dezvoltare contemporan şi tendinţele de dezvoltare a uzinelor hidroelectrice, a construcţiilor hidrotehnice şi a echipamentelor hidromecanice.

Importanţa utilizării energiilor hidraulice

Energiile hidraulice au o importanţă deosebită faţă de alte surse energetice, deoarece :

— sînt inepuizabile, reprezintă pe glob circa 20.000 miliarde kWh/an, iar rîurile patriei noastre permit a se construi în viitor peste 600 uzini hidroelectrice cu o putere instalată de 7 milioane kW şi o producţie de 40 miliarde kWh/an ;

— prin utilizarea lor se economisesc cărbuni, petrol şi gaze, care servesc mai bine altor scopuri ; utilizînd în viitor energia hidraulică disponibilă în R.P.R. s-ar economisi echivalentul a 20 milioane tone cărbune convenţional anual,

— amenajarea hidroenergetică a fluviilor şi rîurilor favorizează folosirea apelor şi în alte scopuri, ca: irigaţiile, asanările, regularizarea apelor, atenuarea inundaţiilor, navigaţia, alimentările cu apă potabilă şi industrială, piscicultura ;

— uzinele hidroelectrice sînt foarte robuste şi trainice ; aşa de exemplu la noi mai funcţionează încă uzine construite acum 60 de ani ;

— uzinele cu lacuri acumulatoare sînt foarte elastice în exploatare, dau vîrfuri instantanee de putere şi acoperă bine curba de consum ;

— preţul de cost al energiei este în general de 2—3 ori mai ieftin ca acela al energiilor termoelectrice, deşi investiţiile iniţiale hidroelectrice sînt ceva mai mari.

Pînă în prezent s-au utilizat numai parţial energiile rîurilor şi fluviilor, iar energiile considerabile ale valurilor şi mareelor (fluxul şi refluxul oceanelor) constituie încă o problemă de viitor.

Concepţia actuală a uzinelor hidroelectrice

Datorită caracterului scurt informativ al articolului enumerăm numai principial cîteva consideraţii asupra concepţiei contemporane a schemelor, a construcţiilor hidroenergetice şi a echipamentelor hidromecanice şi electrice.

1. Uzinele hidroelectrice se proiectează pentru un rîu sau bazin după o schemă generală hidroenergetică şi aceasta se încadrează într-un „plan de amenajare integrală" care asigură dezvoltarea armonioasă şi tehnic economic optimă a tuturor folosinţelor complexe ale apei (irigaţii, navigaţie, alimentări cu apă, energie etc.)

2. Schema fiecărei uzine în parte nu mai este simplă ci complexă, adică pe lîngă rîul principal se colectează apele tuturor afluenţilor, se fac derivaţii din rîuri vecine spre un rîu principal. In multe cazuri uzinele concentrează două sau mai multe căderi diferite în aceeaşi clădire de centrală. Astfel s-a pus la noi în funcţiune recent o uzină cu trei căderi diferite în aceeaşi centrală cu $H_1 = 475$, $H_2 = 345$ şi $H_3 = 75$ m.

3. Se sporesc căderile şi puterile uzinelor din regiuni muntoase, prin construcţii hidrotehnice întinse pe distanţe mari. Există uzine care au canalizări, galerii şi conducte de 30—50 km lungime care concentrează în regiuni alpine căderi chiar de peste 2000 m.

4. Lacurile acumulatoare se concentrează în prezent tot mai mult în regiunile superioare ale bazinelor pentru ca fiecare m^3 apă acumulat să dea o energie de vîrf cît mai mare trecînd prin multe uzine în cascadă din aval, care beneficiază de acumularea din amonte. Astfel pe un rîu sau hidrocentru apar două trei uzine acumulatoare de mare vîrf, urmate de alte uzine în cascadă pe firul apei adică fără lacuri proprii, care funcţionează hidraulic sincron cu uzinele din amonte. In acest fel energia totală se ieftineşte considerabil.

5. In aval de un asemenea hidrocentru, compus din multe uzine, se prevede în prezent un lac redresor hidraulic, care compensează debitele spre aval, pentru a nu dezavantaja celelalte folosinţe de irigaţii, alimentări cu apă, navigaţie etc. In acest fel exploatările hidroelectrice devin mult mai elastice şi nu li se impun restricţii din partea folosinţelor din aval.

Se caută a se tipiza cît mai mult lanţul de uzine în cascadă pe firul apei din regiunile mijloci şi inferioare ale rîurilor, în sensul că se concep multe uzine în cascadă toate cu aceeaşi cădere, debit instalat, putere, cu aceleaşi tipuri de construcţii de canale, ecluze, stavile, turbine etc.

Prin aceasta se reduc simţitor investiţiile totale, fără a se pierde însă energie.

7. La amenajările fluviale se construiesc în prezent trepte puține, cu căderi, debite și puteri uriașe; la Kuibîșev și Stalingrad pe Volga numai două uzine reprezintă 3.200.000 kW și 20 miliarde kWh/an. La noi pe Dunărea inferioară s-ar construi după studiile noastre, pe un parcurs de 1.000 km, trei uzini tip baraj fluvial de maximum 31, 22 și 14 m cădere totalizînd 3.500.000 kW și energia 27 miliarde kWh/an.

Spre deosebire de trecut, uzinele fluviale contemporane funcționează pentru vîrfuri de putere, prin pulsația lacurilor create de barajele fluviale De asemenea se trece în prezent tot mai mult la uzine fluviale submersibile, care împreună cu barajul fix formează un deversor general de la un mal la celălalt. Astfel se rezolvă economic evacuarea debitelor catastrofale și a zăpoarelor [1].

8. Tot mai frecvent se utilizează transformatoarele hidroenergetice, combinate cu uzine pe firul apei, respectiv cu centrale termoelectrice. Astfel cu energia excedentară din orele de consum mic, respectiv în sezoanele cu ape mari, se pompează apă în lacuri sau rezervoare artificiale, care se golesc apoi prin aceleași conducte spre turbine în orele de vîrf sau iarna, cînd consumul crește excesiv [2]

9. In ce privește barajele lacurilor acumulatoare în regiunile muntoase, calculele tehnico-economice conduc în prezent la baraje foarte înalte. Barajul cel mai înalt de pe glob se construiește în prezent la uzinele Super-Dixence (Elveția) avînd 280 m înălțime, 6 milioane m³ beton, 400 milioane m³ apă acumulată, o cădere spre centrală de 1.700 m și puterea de 500.000 kW. Un baraj de peste 120 m înălțime în construcție la noi, realizează, cu un volum de beton mult mai mic, un lac de peste un miliard m³ și o centrală cu 210.000 kW.

Barajele foarte mari pun probleme dificile în ce privește organizarea șantierelor și tehnologia betoanelor (cimenturi speciale cu termicitate mică, rezistență mare, betoane impermeabile, răcirea în timpul prizei, evitarea fisurărilor etc).

După natura rocilor și a proporțiilor barajelor, acestea sînt fie masive de greutate, fie evidate, arcuite sau compuse din bolți multiple cu pile și alte tipuri.

10. Galeriile de derivație de la baraje la castelele de echilibru se construiesc acum cu diametre interioare pînă la 10 m. La noi se construiește o galerie 7 m diametru interior.

11. Conductele forțate, care înainte se construiau în număr mare și cu diametre sub 2 m, în prezent se execută în număr redus 1 la 3, cu diametre pînă la 5 m și viteze ale apei aproape de 8 m/s. Tehnica laminării oțelurilor speciale și sudurii electrogene automatizate și cu tratamente termice a evoluat așa că în prezent se admite efortul de 2.300 kg/cm², față de 1.000 al conductelor construite cu 2 decenii în urmă. Produsul DH, diametrul și căderea în m, a crescut în 3 decenii de la 800 la 2.800, ceea ce înseamnă că o conductă poate avea la diametrul $D = 4$ m o cădere $H = 700$ m. Cea mai mare conductă forțată la noi are diametrul 3,5 m.

Conducta forțată unică, respectiv galeria forțată blindată sînt mai economice ca investiție și ca pierderi prin rezistențe.

12. In centrale se instalează în urma unor calcule tehnico-economice, agregate puține 2 la 4 și se construiesc tot mai frecvent centrale numai cu 1 sau 2 turbine. Prin concentrarea puterii în unități foarte mari și prin tipuri de turbine studiate a avea randamentul mai aplatisat în funcție de putere, se ieftinește considerabil costul echipamentului ca și al construcției centralei.

13. Cu privire la turbine și în special a rapiditații $n_s = n P^{\frac{1}{2}} H^{-\frac{5}{4}}$, fiind: n — turația, P—puterea CP și H — căderea în m, se constată că la căderi mari turbinele cu egală presiune (Pelton ultra rapide) sînt sistematic înlocuite prin turbine F (Francis) cu contrapresiune. Așa, de exemplu, la noi, o centrală a primit la 355 ,m cădere turbine F cu 4 m contrapresiune, iar la altele în curs de proiectare turbine F pînă la 440 m cădere. Cu două decenii în urmă s-a considerat ca fiind căderea limită 300 m.

La uzine cu căderi H mici și debite Q foarte mari tipul K (Kaplan), care acum 2 decenii era limitat la $H < 16$ m, a ajuns la 50 m, iar în Republica Cehoslovacă se construiește acum o turbină K de $H = 60$ m. Debitul consumat de o turbină a ajuns la 600 m³/s, de exemplu la uzina Kuibîșev fiecare turbină K are diametrul rotorului de 9 m, iar exteriorul statorului de 14 m.

14. Automatizarea centralelor, din punct de vedere hidraulic, mecanic și electric, a evoluat astfel încît acum se construiesc uzine total automatizate, fără nici un fel de personal de exploatare, și telecomandate de la alte centrale dispecer, uneori de la distanțe de sute km. De asemenea regulatoarele turbinelor sînt în prezent echipate cu dispozitive electronice, în locul pendulelor tahometrice.

Se înțelege că există multe alte perfecționări, a căror enumerare ar depăși cadrul articolului.

Tendințe de viitor

Este dificil a se întrevedea dezvoltarea viitoare a uzinelor hidroelectrice mai ales în legătură cu dezvoltarea centralelor electrice atomice, a căror eră a fost începută prin prima centrală atomică pusă în exploatare în U.R.S.S.

Credem că totuși amenajările hidroelectrice vor fi construite în viitor poate pe scară și mai largă, deoarece vor produce energia la un preț de cost mai iefltin decît celelalte tipuri de centrale electrice. In această ordine de idei se poate întrevedea dezvoltarea următoare:

15. Uzinele hidroelectrice complet automatizate, telecomandate de dispecerul central al regiunii energetice;

16. Uzinele tip baraj fluvial de puteri tot mai mari, de cîteva milioane kW fiecare. Acestea vor produce energie foarte ieftină, cu circa 0,04— 0,08 lei/kWh.

17. Perfecţionarea mai departe a turbinelor elicoidale axial concentrice, la care rotorul hidraulic face corp comun cu rotorul electric [3]. In acest fel costul echipamentului electromecanic scade la jumătate faţă de cele Kaplan şi se reduc dimensiunile centralei.

18. Dezvoltarea unor noi tipuri de turbine cu mare contrapresiune, compuse din rotor F pus în serie cu unul K. In acest fel poate fi ridicată turaţia de 2—3 ori peste aceea a turbinelor actuale scăzînd costul agregatului de 4 la 9 ori. Mai multe turbine F debuşînd într-o singură turbină K oferă o altă posibilitate de a construi centrale mult mai ieftine [4].

19. Dezvoltarea mai departe a transformatoarelor hidroenergetice pentru acoperirea marilor vîrfuri de consum zilnic — orare. Puterea maximă atinsă în prezent pentru un grup transformator hidroenergetic de 50.000 kW va fi depăşită în viitor [2].

20. Construirea de uzine tip mare, de puteri foarte mari de 10 la 50 milioane kW prin închiderea golfurilor oceanelor [5]. Turbinele acestora funcţionează cu flux reversibil, după cum avem fluxul şi refluxul oceanelor.

21. Se poate întrevedea construirea de uzine hidroelectrice, prin derivarea apei mărilor şi oceanelor în depresiuni, în care apa se evaporează ([5] p. 186 şi [7] p. 186).

22. Centrale cu turbotransformatoare hidraulice pe rîuri mari şi fluvii pentru pomparea apei în scopul irigaţiilor, concomitent cu producerea de energie cînd nu se fac irigaţii, de exemplu pe Dunăre pentru irigarea zonei Bărăganului, amonte pînă la Calafat [6].

23. Dezvoltarea şi finisarea metodelor de calcul, proiectare şi construire mecanizată a construcţiilor hidrotehnice şi echipamentelor hidro-,mecanice pentru o utilizare şi mai raţională a materialelor şi a forţelor de muncă.

Bibliografie

[1] *Pavel D*: Aplicaţie hidrotehnică la uzinele fluviale, Hidrotehnica, nr. 8 — 9/1951.

[2] *Pavel D.*: Uzine cu transformatoare hidroenergetice, Energetica, nr. 1/1954.

[3] *Pavel D.*: Maşini hidraulice, vol. I, E. E. S., 1954.

[4] *Pavel D.*: Turbine cu contrapresiune, Hidrotehnica, nr. 5/1953.

[5] *Pavel D.*: Hidroenergetica generală, Ed. Tehnică, 1951

[6] *Pavel D.*: Transformatoare hidraulice şi agregate complexe, Hidrotehnica, nr. 1 şi 10/1953.

[7] *Gubin F. F.*: Ghidroelectrostanţii, Moscova, 1949.

★

ТЕПЕРЕШНЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ВОПРОСЫ БУДУЩЕГО ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Р е з ю м е

Указывается значение использования гидроэнергии, современная стадия развития и тенденции развития ГЭС, гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования.

ŞEDINŢA CONSILIULUI CENTRAL A. S. I. T.

La 30 ianuarie a. c., a avut loc şedinţa Consiliului Central al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor, sub preşedinţia tov. acad. E. Carafoli, Vice-Preşedinte al A.S.I.T., care şi-a exprimat regretul că Preşedintele A.S.I.T., tov. acad. N. Profiri fiind suferind, nu poate participa la această şedinţă.

Tov. prim secretar ing. O. Rusu a prezentat darea de seamă a Biroului Consiliului Central asupra activităţii Asociaţiei în anul 1954 şi planul de activitate pe anul 1955.

Darea de seamă asupra activităţii Asociaţiei în anul 1954

In cursul anului 1954, activitatea tehnico-ştiinţifică a Asociaţiei s-a dezvoltat în primul rînd prin extinderea domeniului ei de activitate şi asupra problemelor agricole. Cercurile, filialele şi secţiile de specialitate ale A.S.I.T. au adus soluţii unor probleme privind sporirea producţiei agricole şi a bunurilor de larg consum, precum şi problemelor de organizare şi îndrumare a unor procese de producţie din industria grea.

Prin studii, dezbateri şi schimb de experienţă s-au obţinut pentru unele probleme soluţii a căror aplicare în practică au urmări favorabile asupra productivităţii muncii.

Dacă în trecut, unele probleme se rezolvau cu oarecare superficialitate, în ultima vreme multe comitete de filială şi în deosebi Ploeşti, Bucureşti, Cluj, Iaşi, Valea Jiului, Constanţa şi Regiunea Autonomă Maghiară, au devenit promotorii introducerii şi extinderii experienţei înaintate în agricultură şi industrie.

In activitatea Asociaţiei, problemele generale cedează tot mai mult locul problemelor speciale, concrete ale producţiei; comitetele unor filiale şi secţii de specialitate urmăresc din ce în ce mai mult sprijinirea concretă a colectivelor întreprinderilor în rezolvarea unor probleme mai dificile ale producţiei. Cu toate că se manifestă încă într-o măsură insuficientă, creşte atenţia care se acordă experienţei înaintate, cîştigată de colectivele fruntaşe în scopul extinderii ei în colaborare cu organizaţiile sindicale şi conducerile întreprinderilor.

Totuşi, în activitatea Asociaţiei se resimt unele deficienţe. Sînt încă numeroase cercurile A.S.I.T. din întreprinderi, care au o activitate formală; ele nu au reuşit să devină colective închegate de membri ai A.S.I.T., preocupate de continua perfecţionare a producţiei în scopul măririi productivităţii muncii şi a reducerii preţului de cost, odată cu îmbunătăţirea calităţii produselor. Această situaţie de datoreşte slabei legături dintre secţiile centrale şi cele regionale, între acestea şi cercurile A.S.I.T. Ea se datoreşte de asemenea faptului că soluţiile rezultate în urma activităţii Asociaţiei nu au fost urmărite pînă în stadiul aplicării lor în practică, antrenînd la aceasta cercurile A.S.I.T. care au datoria să cultive în rîndul membrilor A.S.I.T. un spirit tehnic progresist de stimulare şi sprijinire a iniţiativei creatoare şi să lupte activ împotriva rutinii şi practicismului îngust.

Deficienţe importante se resimt în ceea ce priveşte aportul Asociaţiei la ridicarea calificării cadrelor. Activitatea revistelor tehnice A.S.I.T. şi a gazetei Tehnica Nouă, care s-au îmbunătăţit în anul 1954, nu a fost completată cu noi forme organizate de ridicare a calificării cadrelor.

Planul de activitate pe anul 1955

Planul de activitate pe anul 1955 stabileşte problemele şi prevede folosirea metodelor, cu ajutorul cărora A.S.I.T. va contribui într-o mare măsură la punerea în practică a Hotărîrilor partidului şi guvernului, pentru continua ridicare a nivelului de trai material şi cultural al poporului muncitor.

In centrul preocupărilor Asociaţiei stă, pe de o parte, problema contribuirii la o mai bună organizare a unor procese de producţie, corespunzătoare cu nivelul tehnicii din ţara noastră, iar pe de altă parte, cunoaşterea şi extinderea experienţei tehnice cîştigate de colectivele din întreprinderile fruntaşe. Planul de activitate prevede, de asemenea, unele măsuri cu privire la perfecţionarea cadrelor tehnice. Spre deosebire de trecut, el prevede concentrarea activităţii pe ramuri de specialitate asupra unor probleme mai puţin numeroase, ceea ce îngăduie o mai bună coordonare a activităţii şi atragerea unui număr mai mare de membri ai Asociaţiei din întreprinderile productive şi din institute, la rezolvarea lor.

Asupra dării de seamă s-au purtat o serie de discuţii la care au luat cuvîntul tovarăşii:

Prof. ing. C. Atanasiu, Locţiitor al Preşedintelui C.S.P. ing. Dinu Eliade, ing. Cioroiu-Răducanu, Locţiitor al Ministrului Industriei Materialelor de Construcţii, prof. C. C. Georgescu, ing. A. Manasse, conf. ing. C. Neuman, ing. C. Negoiţă. ing. A. Kun, ing. A. Stănescu, Locţiitor al Ministrului Industriei Materialelor de Construcţii, G. Cazan, conf. ing. I. Drimuş, ing. N. Giossan, Locţiitor al Ministrului Agriculturii şi Silviculturii, prof. G. Constantinescu.

In urma acestor discuţii, Consiliul Central A.S.I.T. a aprobat raportul Biroului asupra activităţii Asociaţiei pe anul 1954. De asemenea, s-a aprobat planul de activitate al Asociaţiei pe anul 1955, repartizat pe secţii de specialitate.

HOTARIREA

CONSILIULUI CENTRAL A.S.I.T.

In vederea îmbunătăţirii activităţii Asociaţiei, Consiliul Central A.S.I.T. stabileşte că activitatea tehnico-ştiinţifică şi de extindere a experienţei înaintate a filialelor, subfilialelor şi cercurilor A.S.I.T. trebuie să se întemeieze pe cerinţele planurilor de producţie şi pe planurile tehnice ale întreprinderilor industriale, S.M.T.-urilor şi G.A.S.-urilor şi să fie legată de stabilirea măsurilor tehnico-ştiinţifice şi tehnico-economice în vederea înlăturării golurilor în producţie, folosirii cît mai complete a utilajelor, stabilirii şi respectării proceselor tehnologice de fabricaţie şi organizării ritmice a producţiei.

Organizaţiile A.S.I.T. trebuie să pună în centrul atenţiei lor lupta pentru reducerea continuă a preţului de cost al producţiei, participînd la organizarea şi succesul întrecerii socialiste prin prelucrarea temeinică a măsurilor pentru extinderea metodelor şi procedeelor înaintate în producţie, care în practică s-au verificat ca fiind eficace. De asemenea, organizaţiile A.S.I.T., trebuie să lupte pentru respectarea strictă şi îmbunătăţirea normelor de consum de materii prime, materiale şi de energie, pentru introducerea mecanizării în scopul scăderii volumului muncilor auxiliare, precum şi îmbunătăţirea calităţii produselor.

In agricultură, accentul trebuie pus pe respectarea agrotehnicii diferenţiate, în vederea ridicării producţiei la culturile de cereale şi la alte culturi importante, prin sprijinirea — cu exemple concrete — a ţărănimii muncitoare, în vederea folosirii agrotehnicii înaintate şi alegerii culturilor după condiţiile locale de climă şi sol.

Activitatea pentru ridicarea calificării cadrelor tehnice trebuie să se îndrepte către completarea cunoştinţelor tehnico-ştiinţifice şi tehnico-economice ale inginerilor şi tehnicienilor, prin informaţii şi documentare asupra experienţei înaintate în domeniile respective, şi în special, asupra problemelor legate de sarcinile imediate ale producţiei, prin încurajarea şi dezvoltarea spiritului critic în tehnică împotriva rutinii şi devierilor antiştiinţifice, prin organizarea dezbaterilor publice pe baza luptei de opinii, în scopul promovării spiritului ştiinţific marxist-leninist, a politicii economice a statului şi a tehnicii avansate.

În acest scop, revistele tehnice A.S.I.T. şi gazeta Tehnica Nouă vor trebui să desfăşoare o susţinută activitate critică împotriva a tot ce este învechit în tehnică, în practica întreprinderilor industriale şi în agricultură; să organizeze lupte de opinii în legătură cu problemele concrete ale producţiei, strîngînd laolaltă şi încurajînd pe cei mai buni specialişti şi dînd o atenţie deosebită inginerilor, tehnicienilor, fruntaşilor în producţie şi inovatorilor din întreprinderile industriale şi din agricultură.

Comitetele de redacţie ale revistelor tehnice A.S.I.T. şi gazeta Tehnica Nouă îşi vor organiza astfel munca, încît cu ajutorul secţiilor de specialitate şi al filialelor, să facă din publicaţiile ce conduc, organe vii, combative, în slujba realizării politicii economice a statului în industrie şi agricultură.

De asemenea, secţiile de specialitate ale Consiliului Central şi ale filialelor, vor lua măsuri ca toate conferinţele şi referatele lor, să fie legate de problemele producţiei şi prezentate la nivel ştiinţific, pe baze de date concrete şi verificate.

Spre a contribui la aplicarea Hotărîrii C.C. al P.M.R. şi a Consiliului de Miniştri al R.P.R. cu privire la organizarea şcolilor profesionale de ucenici, a şcolilor tehnice şi a şcolilor tehnice de maiştri, se recomandă în mod special secţiilor de specialitate ale Consiliului Central şi comitetelor de filiale să dea cea mai mare atenţie în înţelegere cu conducerea întreprinderilor, muncii de ridicare a calificării maiştrilor, inovatorilor şi fruntaşilor în producţie, organizînd cicluri de conferinţe speciale, cursuri şi seminarii.

Pentru buna organizare a activităţii Asociaţiei, comitetele de filiale vor grupa cercurile după specialitatea lor şi vor pune activitatea lor tehnico-ştinţiifică sub îndrumarea şi controlul secţiilor de specialitate ale filialelor.

Pe baza experienţei din anul 1954, Consiliul Central A.S.I.T. consideră că legăturile de colaborare dintre organele centrale, regionale şi din întreprinderi ale sindicatelor şi cele A.S.I.T. pot duce cu succes la organizarea mai bună a muncii pentru îndeplinirea planului de producţie industrială şi agricolă, mai ales în ce priveşte extinderea metodelor şi procedeelor avansate de producţie, organizarea ritmică a producţiei, sprijinirea mişcării de inovaţii, combaterea rutinii în tehnică şi ridicarea calificării cadrelor tehnice. In acest scop, Consiliul Central A.S.I.T. recomandă organizarea în comun a acţiunilor de extindere a metodelor şi procedeelor avansate în producţie, precum şi altor acţiuni legate de promovarea tehnicii noi, pe baza legăturii dintre secţiile de specialitate A.S.I.T. şi comitelele sindicatelor de ramură.

Pentru stimularea activităţii tehnico-ştiinţifică a inginerilor şi tehnicienilor, Consiliul Central propune ministerelor organizarea în comun a unor concursuri cu primii pentru cele mai bune lucrări tehnico-ştiinţifice, pe baza cărora se vor putea obţine ridicarea productivităţii, reducerea preţului de cost sau îmbunătăţirea calităţii produselor. In acest scop, Consiliul Central A.S.I.T. contribuie la fondul de premii cu suma de lei 70 000 pentru 45 premii în valoare de cîte 3 000, 2 000 şi 1 000 lei.

Totodată Consiliul Central A.S.I.T. instituie cinci premii de cîte 1 500 lei şi zece premii de cîte 1 000 lei pentru cea mai bună activitate voluntară de organizare şi îndrumare a activităţii tehnico-ştiinţifice desfăşurată de secţiile de specialitate în ajutorul cercurilor A.S.I.T., precum şi una sută diplome de onoare pentru cei mai buni activişti voluntari din cercurile A.S.I.T., secţiile de specialitate şi comitetele filialelor.

„Îndreptar pentru protecţia contra supratensiunilor a instalaţiilor electrice de curent alternativ 3 – 220 kV" Gosenergoizadat, Moscova-Leningrad, 1954.

Apariţia îndreptarelor editate de Ministerul Centralelor Electrice şi Industriei Electrotehnice ale U.R.S.S., marchează întotdeauna o etapă nouă în domeniul respectiv.

Experienţa bogată acumulată în anii dintre două ediţii consecutive, se reflectă în aceste îndreptare.

Primul îndreptar în domeniul protecţiei contra supratensiunilor a apărut în anul 1939 şi se baza pe experienţa de 11 ani de electrificare intensă, în care timp au apărut centrale puternice şi reţele de înaltă tensiune, şi s-au format sistemele energetice ale U.R.S.S.

Acest îndreptar a indicat calea pe care trebuie rezolvată protecţia contra supratensiunilor, atunci cînd problemele încă nu erau studiate suficient din punct de vedere teoretic. şi trebuie folosit un bogat material cules din exploatare.

Ediţia a doua a „Indreptarului" a apărut în 1945. Acest îndreptar, care a fost în vigoare pînă în 8/VI 1953 a fost mult mai bine sistematizat şi protecţia contra supratensiunilor realizate pe baza acestui îndreptar poate fi considerată mulţumitoare.

Acest îndreptar a slujit şi la întocmirea prescripţiilor pentru protecţia contra supratensiunilor, editat de MEEIE.

Ediţia aprobată la 8/VI. 1953 şi editată în primul semestru al anului 1954 aduce multe îmbunătăţiri calitative.

Lucrarea cuprinde şapte capitole şi 13 anexe.

Capitolul I intitulat „Supratensiunile şi protecţia contra supratensiunilor, dă în 19 paragrafe difinitia supratensiunilor, cauzele care dau naştere supratensiunilor, indicaţii asupra amplitudinilor maxime ale supratensiunilor în funcţie de cauzele care le produc şi de configuraţia reţelei respective.

Tot în acest capitol se indică modul de calcul al curentului trăsnetului precum şi se dau tabele cu coeficienţi de corecţie pentru coeficientul corona şi valorile impedanţelor de undă ale stîlpilor mai răspîndiţi în practică.

In fine se dă definiţia numărului specific de întreruperi în funcţie de orele de furtună pe an. (Spre deosebire de vechiul îndreptar în ediţia aceasta se ia ca cifră medie 30 de ore de furtună pe an, faţă de 20 zile cu furtună cîte se consideră în trecut.)

Capitolul acesta este deosebit de valoros, pentru că dă o imagine clară, deşi succintă, a fenomenelor de supratensiune în reţelele electrice şi pune la dispoziţia cititorului formule de calcul suficient de exacte pentru o serie de cazuri practice, cum ar fi:

— calculul supratensiunilor induse,
— calculul numărului de întreruperi specifice,
— calculul aplatizării frontului undei datorită fenomenului corona la impuls şi altele.

Capitolul II (par. 20—26) tratează zonele de protecţie ale paratrăsnetelor. In acest capitol, care atinge problemele cele mai vechi ale protecţiei contra supratensiunilor atmosferice, se dau în 6 paragrafe elementele de calcul ale zonelor paratrăsnetelor şi curbele necesare pentru determinarea lor. Sînt tratate atît paratrăsnetele de tip Franclin cît şi conductorii de protecţie.

Capitolul III(27—35) se ocupă de scurgerea curenţilor trăsnetului în pămînt, prin prize.

Se arată mecanismul scurgerii curenţilor de impuls din electrod în pămînt în cazul densităţilor mari de curent, care apar datorită curentului trăsnetului şi se defineşte rezistenţa de impuls a prizei de pămînt. Se definişte coeficientul de impuls α, care dă raportul dintre rezistenţa prizei la frecvenţă industrială şi rezistenţa ei la impuls. Pentru cazurile întîlnite în practică se dau tabele cu valoarea coeficientului α precum şi η — coeficientul de ecranare. Se dau indicaţii asupra alegerii tipului de priză cel mai indicat în funcţie de caracteristicile solului.

Capitolul IV (36—58) se ocupă de aparatajul de protecţie şi este împărţit în trei subdiviziuni: „A" descărcătorii cu rezistenţă variabilă, „B" descărcători tubulari şi „C" intervale de străpungere.

Pentru fiecare din subdiviziuni se dă: domeniul de folosire, caracteristicile tipurilor fabricate în U.R.S.S. gabaritele.

Pentru descărcătorii cu rezistenţă variabilă sînt indicate condiţiile după care trebuie aleşi descărcătorii în cazul cînd nu se iau descărcătorii tip, sau se protejează o instalaţie cu tensiune nestandardizată. Aceste condiţii sînt deosebit de importante pentru condiţiile reţelelor noastre de tensiuni diferite de cele standardizate în U.R.S.S.

Pentru descărcătorii tubulari se dau distanţele minime ale electrozilor exteriori, precum şi zonele de evacuare ale gazelor. Pentru intervalele de străpungere se dau condiţiile care trebuie îndeplinite de interval pentru a putea fi folosite ca aparat de protecţie.

Capitolul V (59—87) se ocupă de protecţia liniilor contra supratensiunilor atmosferice. Capitolul cuprinde trei subdiviziuni: „A" Măsuri de protecţie a liniilor noi şi a celor din exploatare; „B" protecţia intersecţiilor şi „C" — protecţia stîlpilor speciali şi a deschiderilor mari.

Subdiviziunea A — indică măsurile generale de protecţie în funcţie de configuraţia reţelei, construcţia liniei şi tensiunea nominală. Se fixează nivelul de protecţie necesar liniilor cu conductori de protecţie, distanţele minime între conductori şi conductorii de protecţie în mijlocul deschiderii, precum şi unghiul de protecţie necesar. Se arată necesitatea şi eficacitatea folosirii bobinelor de stingere, reanclanşării automate pe fază şi trifazice, precum şi a descărcărilor tubulari. Se indică măsurile care trebuie luate în cazul liniilor aflate în exploatare şi a căror protecţie contra supratensiunilor nu este suficientă.

In subdiviziunea B se dau indicaţii privitoare la realizarea intersecţiilor între linii de diferite tensiuni. Se prescriu distanţele minime şi se dau curbe de calcul pentru cazurile întîlnite în practică.

Pentru stîlpi foarte înalţi sau deschideri mari, se dau indicaţii în subdiviziunea „C". Se limitează unghiul de protecţie al conductorilor de protecţie şi se indică folosirea în anumite cazuri a descărcătorilor tubulari.

Capitolul VI (par. 88—115) se ocupă de protecţia centralelor şi staţiilor de lovituri directe ale trăsnetelor şi a staţiilor de unde de supratensiune venind de pe linie.

Subdiviziunea A se ocupă de protecţia contra loviturilor directe, iar subdiviziunea B de protecţia staţiilor contra undelor de supratensiune venite de pe linii.

Se indică obiectivele care trebuie protejate contra loviturilor directe, se arată condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească paratrăsnetele şi prizele lor de punere la pămînt în funcţie de tensiunea de lucru a instalaţiei. Se dau de asemenea formulele pentru calculul distanţelor minime dintre paratrăsnete şi aparatajul sub tensiune precum şi între priza de pămînt a paratrăsnetului şi priza generală a staţiei.

In subdiviziunea B se arată cauzele care dau naştere undelor de supratensiune şi se indică schemele de protecţie tip în funcţie de tensiunea nominală, configuraţia staţiei şi protecţia sosirii.

Se dau grafice pentru găsirea distanţei maxime admisibile dintre descărcătorul cu rezistenţă variabilă şi aparatul de protejat.

Capitolul VII (par. 115—125) se ocupă de protecţia maşinilor rotative.

In acest capitol se indică limita puterii maşinilor rotative, care pot fi racordate direct la linii aeriene şi se dau schemele de protecţie tip pentru cazurile întîlnite în practică.

Anexele la „Indreptar" sînt deosebit de valoroase în proiectarea obiectivelor noi şi îmbunătăţirea protecţiei instalaţiilor aflate în exploatare.

Sînt date următoarele exemple de calcul şi tabele :

1. Calculul rezistenţei la impuls a prizelor de pămînt uzuale.

2. Caracteristicile descărcătorilor tubulari fabricaţi în U.R.S.S.

3. Determinarea nivelului de protecţie al liniilor cu conductori de protecţie în cazul loviturilor directe ale trăsnetului în stîlp.

4. Determinarea distanţei necesare între conductor şi conductorii de protecţie în mijlocul deschiderii.

5. Determinarea numărului specific de întreruperi a liniilor cu conductori de protecţie.

6. Determinarea numărului specific de întreruperi a liniilor fără conductori de protecţie pe stîlpi de lemn de tip „Pi".

7. Indicii nivelului de protecţie contra supratensiunilor atmosferice ale stîlpilor mai răspîndiţi în U.R.S.S.

8. Calculul nivelului de protecţie pentru deschideri de trecere.

9. Exemplu de protecţiea staţiei prin paratrăsnete.

10. Aprecierea tensiunilor admisibile pe izolaţia faţă de masă şi între spire a maşinilor rotative.

11. Caracteristicile de undă ale maşinilor rotative.

12. Impedanţele de undă ale cablelor de 3—10 kV.

13. Amortizarea undelor în cable.

Indreptarul corespunde sub forma aceasta necesităţilor arzătoare în domeniul protecţiei contra supratensiunilor şi la noi în ţară iar traducerea lui precum şi reeditarea prescripţiilor MEEIE este o sarcină de actualitate.

Ing. Mare Dănilă

GUMIN V. I. : Circuitele secundare ale centralelor electrice. Traducere din limba rusă, Editura Energetică de Stat.

Traducerea cărţii de mai sus, apărută de curînd în Editura Energetică de Stat, este prima lucrare consacrată în mod special problemelor referitoare la proiectarea şi la executarea schemelor circuitelor secundare ale centralelor şi staţiilor electrice.

In cap. I. „Principii generale în legătură cu circuitele secundare", autorul expune pe larg definiţiile principale şi clasificarea circuitelor, contactelor, impulsurilor etc. precum şi diferitele metode de reprezentare ale conexiunilor secundare. Sînt descrise în mod amănunţit diferitele feluri de subansambluri tip ale circuitelor secundare care au rolul de a produce, de a întrerupe sau de a transforma impulsurile. De un deosebit interes practic este paragraful referitor la ordinea de întocmire a schemelor de principiu.

Pentru fixarea cunoştinţelor, autorul analizează ca exemplu construcţia schemei pentru conectarea automată a unui transformator de rezervă din serviciile interne ale unei centrale electrice.

In cuprinsul cap. II. „Schemele de conectare a aparatelor de măsurat la înfăşurările secundare ale transformatoarelor de măsură" autorul se ocupă pe larg, de legarea wattmetrelor, a contoarelor şi numai pe scurt a ampermetrelor, voltmetrelor şi de alcătuirea schemelor pentru sincronizare.

O lipsă a acestui capitol o constituie faptul că nu sînt tratate schemele de legare a celorlalte aparate de măsurat şi nici schemele de autosincronizare. Autorul s-a mulţumit să expună pe larg problemele referitoare la aparatele de măsurat puterea şi energia activă şi reactivă, considerînd probabil, materialul tratat ca un exemplu de aplicare, bazîndu-se pe faptul că cititorul găseşte documentaţia necesară în lucrările de „aparate de măsurat" (Baida, Popov etc.).

Cap. III „Comanda la distanţă a aparatelor", care cuprinde aproape o treime din volumul cărţii, tratează problemele referitoare la comanda de la distanţă a aparatelor de comutare şi de reglare, insistînd în special asupra întrerupătoarelor şi separatoarelor, asupra schemelor cu controlul luminos şi acustic al circuitelor de comandă, asupra metodelor pentru obţinerea luminii pilpîitoare, asupra cheilor de comandă şi a comutatoarelor.

In acest capitol, autorul nu se limitează la descrierea tipurilor de aparate ci, în conformitate cu titlul lucrării, descrie pe larg diferitele tipuri de scheme şi funcţionarea lor, în funcţie de aparatajul utilizat şi de scopul urmărit prin schemă. La descrierea schemei cu controlul luminos al circuitelor de comandă (pag. 56—57) autorul dă formule şi un exemplu de calcul al elementelor de control.

Cap. IV. „Semnalizări şi scheme de semnalizare" cuprinde expunerea schemelor referitoare la diferite feluri de semnalizare tehnologică. Ultimile două paragrafe ale acestui capitol sînt rezervate problemei importante a blocării separatoarelor, arătîndu-se şi deficienţele aparatajului existent.

In cap. V „Alimentarea circuitelor secundare de la barele de curent continuu" sînt descrise schemele de alimentare de la baterii de acumulatoare ale circuitelor de comandă, de protecţie şi de semnalizare şi a reţelelor bobinelor de anclanşare.

Cap. VI. „Protecţia circuitelor secundare împotriva scurtcircuitelor şi controlul stării lor" tratează problemele referitoare la protecţia prin siguranţe fuzibile a circuitelor de comandă, de semnalizare şi de protecţie, a circuitelor bobinelor de anclanşare şi a circuitelor secundare ale transformatoarelor de tensiune precum şi la problema controlului izolaţiei. Un deosebit interes practic îl prezintă în special părţile referitoare la : controlul siguranţelor, calculul prin nomograme pentru determinarea rezistenţei de izolaţie şi analiza critică ce se face asupra diferitelor scheme utilizate în prezent ; dealtfel această metodă de analiză critică este caracteristică pentru întreaga lucrare. Din păcate însă autorul nu a completat acest capitol cu protecţia prin întrerupătoare automate.

In cap. VII „Scheme de montaj" se arată condiţiile generale pe care trebuie să le îndeplinească schemele de montaj, metodele de marcare a dispozitivelor aparatelor şi circuitelor folosite de diferite institute de proiectare, precum şi sistemul de marcare recomandat de către autor pe baza experienţei sale. Tot în acest capitol sînt descrise diferitele tipuri de cleme şi de blocuri de încercare, ordinea aşezării lor precum şi ordinea legării aparatelor şi a dispozitivelor, şirurile de cleme.

Cap. VIII. „Conductoare şi cabluri" se ocupă cu problema alegerii secţiunii şi a numărului conductelor de cablu şi cu marcarea lor. Aşezarea lor este tratată sumar, în schimb, problema deosebit de importantă a influenţei rezistenţei conductoarelor de legătură asupra erorii transformatoarelor de tensiune este tratată în adîncime pe baza unui exemplu convingător. Autorul expune metodele de micşorare a influenţei nefavorabile a conductoarelor de legătură asupra aparatelor de măsură, în special asupra contoarelor şi wattmetrelor.

Anexele de la sfîrşitul cărţii cuprind tipurile şi caracteristicile tehnice ale aparatajului de fabricaţie sovietică care intră în compunerea celor 186 de scheme şi figuri care ilustrează lucrarea.

Ca lipsuri generale ale lucrării trebuie remarcat că schemele care se dau nu reprezintă întotdeauna soluţiile optime moderne (aşa de pildă la schemele de R.A.R. sau de A.A.R. precum şi faptul că autorul nu se ocupă de sistemele de acţionări la distanţă ceva mai mari unde economisirea numărului de conductori devine foarte acută.

Ing. S. Elgeles

Revista „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA" organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice * Redacţia : Bucureşti, str. Ioan Ghica nr 3. Raion Tudor Vladimirescu, Telefon : 3.57.28 şi 3.07.30 * Administraţia şi Casieria : Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin * Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru, nr. 33, Telefon : 5.44.70/155 * Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale dela oraşe şi sate, prin factorii poştali, la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi *la sediul Redacţiei din str. Ion Ghica nr. 3* * Tarif pentru întreprinderi : lei 96 anual ; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri : lei 30 anual ; Preţul unui exemplar : lei 5.

KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEN - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

3

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

SUMARUL

Pag.

A. Blidaru: Motoare cu pistoane libere 97
N. Gheorghiu şi W. Marian: Linii pentru transportul energiei electrice cu suporţi din beton armat centrifugat 105
M. Constantinescu şi O. Triteanu: Statistica matematică în problemele hidrologice 124
M. Heitner: Determinarea diametrului economic al conductelor cu scurgere în regim laminar . . 131

PROTECŢIA MUNCII

A. Andreiescu: Măsuri organizatorice de securitate a muncii în instalaţiile electrice de înaltă tensiune 133

DIN EXPERIENŢA U.R.S.S.

* * *: Utilizarea izotopilor radioactivi la studiul antrenării sărurilor prin abur 136

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ

V. Moldoveanu: Sudura electrică la ţevile de înaltă presiune 139
A. Ionescu: Dispozitive de siguranţă cu înălţime redusă pentru cazane de abur de joasă presiune 141
I. Şala: Pentru evitarea avariilor provenite în urma suprasolicitării aparatajului de protecţie . . . 143

PENTRU NOILE CADRE

C. I. Penescu: Reglarea tensiunii în sistemele energetice 144
RECENZII 151

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

А. Блидару: Двигатели со свободными поршнями 97
Н. Георгиу и В. Мариян: Линии электропередач с опорами из центрифугированного железобетона 105
М. Константинеску и О. Тритяну: Математическая статистика в гидрологических вопросах 124
М. Хайтнер: Определение экономичного диаметра трубопроводов с ламинарным стоком 131

ОХРАНА ТРУДА

А. Андрейеску: Оргмеры по безопасности труда в высоковольтных электроустановках 133

ИЗ ОПЫТА С.С.С.Р.

* * *: Использование радиоактивных изотопов при исследовании уноса солей паром 136

ОБМЕН ОПЫТОМ

В. Молдовяну: Электросварка трубопроводов высокого давления 139
А. Ионеску: Предохранительные приспособления сниженной высоты для паровых котлов низкого давления 141
И. Шала: Для предупреждения аварий из за перегрузки защитных приборов 143

НОВЫМ КАДРАМ

К. Пенеску: Регулирование напряжения в энергетических системах 144
РЕЦЕНЗИИ 151

E 2039
d
Erdélyi Múzeum Könyvtár TULAJDONA

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 3 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

MOTOARE CU PISTOANE LIBERE

Ing. A. BLIDARU

In prezentul articol se prezintă descrierea funcţionarea şi domeniile de aplicaţie ale motoarelor cu pistoane libere. Aceste motoare pot fi utilizate atît ca motoare compresoare cît şi ca generatoare de gaze pentru turbine cu gaze.

A. Clasificarea şi schemele principiale ale motoarelor cu pistoane libere

Motoarele cu pistoane cu mişcare liberă reprezintă un nou tip de motoare cu ardere internă cu o construcţie simplificată şi cu un randament ridicat.

În prezentul articol se face descrierea acestor motoare, pe baza datelor luate din lucrarea profesorului V. K. Koşkin.

Aceste motoare funcţionează ca un motor în doi timpi, cu aprinderea prin compresie şi cu spălare directă.

Simplificarea construcţiei constă în lipsa sistemului bielă-manivelă — arbore-motor şi a sistemului de distribuţie.

Motoarele cu pistoane libere (notate pe scurt în acest articol MPL) nu transformă mişcarea alternativă a pistoanelor în mişcarea de rotaţie a arborelui motor ci au pistoanele cuplate direct cu pistoanele unui compresor printr-o tijă rigidă.

După destinaţia lor M.P.L. se clasifică în două grupe:

1. *Motoare folosite pentru acţionarea compresoarelor*, care au motorul şi compresorul într-un bloc comun: pistoanele motorului sînt pe acelaşi ax cu pistoanele compresorului şi transmit tot lucrul mecanic produs pistoanelor compresorului, iar aerul comprimat este folosit pentru diferite nevoi.

2. *Motoare folosite ca generatoare de gaz*, la care tot aerul comprimat în compresor este cheltuit pentru spălarea şi insuflarea cilindrului motorului, iar gazele de ardere produse de motor sînt folosite pentru alimentarea unei turbine cu gaze; în acest caz motorul cu pistoane libere intră în compunerea instalaţiilor de forţă combinate (motor cu pistoane libere şi turbină cu gaze).

După modul de aducerea pistoanelor de la punctul mort exterior (p. m. e.) la punctul mort interior (p.m.i.), motoarele cu pistoane libere se pot clasifica în două grupe:

1) motoare cu tampon de aer, la care pentru readucerea pistoanelor la p.m.i. se foloseşte energia aerului comprimat în cilindrii-tampon de aer;

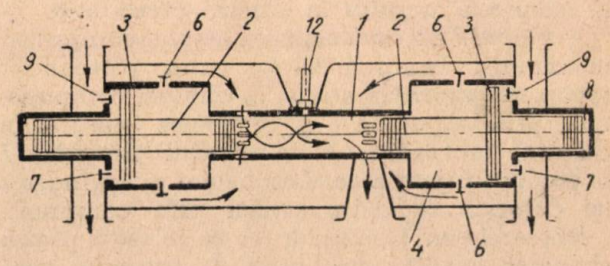


Fig. 1. Schema motorului cu pistoane libere, simetric cu tampon de aer:

1 — cilindrul motorului; *2* — pistoanele motorului; *3* — pistoanele pentru spălarea compresorului; *4* — cilindrii compresorului; *5* — rezervor pentru aerul de spălare; *6* — supape pentru refularea aerului în rezervorul aerului: *7* — supape pentru refularea aerului în buteliile de aer comprimat; *8* — cilindrii tampon amortizori cu aer; *9* — supape pentru aspiraţia aerului în cilindrii compresorului; *10* — ferestrele de evacuare; *11* — ferestrele de spălare; *12* — injector.

2) motoare fără tampon de aer, la care pentru readucerea pistoanelor motorului la p.m.i. se foloseşte energia aerului comprimat în spaţiile moarte ale cilindrilor compresorului.

Din punct de vedere constructiv, motoarele cu pistoanele libere pot fi:

1. Motoare simetrice, la care toate piesele sînt dispuse simetric faţă de planul injectorului iar fazele de funcţionare sînt identice într-o parte şi alta a planului de simetrie.

2. Motoare nesimetrice, la care piesele sînt dispuse nesimetric faţă de planul injectorului, iar fazele de funcţionare sînt diferite într-o parte şi alta a planului de simetrie. În fig. 1

este reprezentată schema de principiu a unui motor cu pistoane libere simetric, cu tampoane de aer.

Ciclul de funcţionare al motorului este următorul.

— *timpul I* : destinderea gazelor arse, compresia aerului în cilindrii compresorului şi refularea lui

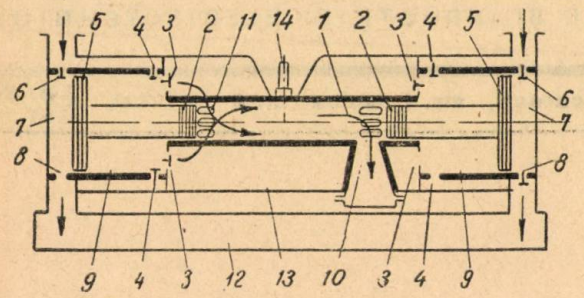


Fig. 2. Schema motorului cu pistoane libere simetric fără tampon de aer.

1 — cilindrul motorului; *2* — pistoanele motorului; *3* — supape de refulare a aerului în rezervorul aerului pentru spălare; *4* — supape pentru aspiraţia aerului pentru spălare; *5* — pistoanele compresorului; *6* — aspiraţia aerului pentru diferite nevoi; *7* — camera pentru comprimarea aerului pentru consum; *8* — supape pentru refularea aerului pentru consum; *9* — camera pentru comprimarea aerului de spălare; *10* — ferestrele de evacuare; *11* — ferestrele de spălare; *12* — rezervorul aerului comprimat pentru diferite nevoi; *13* — rezervorul aerului pentru spălare; *14* — injectorul.

mai întîi prin supapele *6* în rezervorul aerului de spălare şi apoi prin supapele 7 în rezervorul de aer comprimat; la sfîrşitul timpului *I*, se deschid mai întîi ferestrele de evacuare *10* şi apoi ferestrele de spălare *11*, prin care pătrunde aer proaspăt pentru spălarea şi umplerea cilindrului motorului *1*; tot în timpul *I* se produce şi compresia aerului în cilindrii tampon *8*;

— *timpul II* : sub acţiunea aerului comprimat în cilindrii tampon începe cursa pistoanelor spre p.m.i. apiraţia aerului în cilindrii compresorului prin supapele *9* şi compresia aerului în cilindrul motorului *1*; la sfîrşitul timpului *II* se produce injecţia combustibilului şi aprinderea lui datorită încălzirii aerului prin compresie.

Motoarele cu tampon de aer se folosesc pentru obţinerea aerului comprimat de presiune mică (pînă la 7 ata) deoarece la aceste motoare compresia aerului se face într-o singură fază.

În fig. 2 este reprezentată schema principială a unui motor cu pistoane libere, simetric fără tampon de aer.

Ciclul de funcţionare al acestui tip de motor este următorul :

— *timpul I* : destinderea gazelor arse, comprimarea aerului în spaţiile *7* şi refularea în rezervorul *13* prin supapele *8*, aspiraţia aerului în spaţiile *9* prin supalele *4*, deschiderea ferestrelor de evacuare a gazelor arse *10* şi apoi deschiderea ferestrelor pentru admisia aerului de spălare *11*;

— *timpul II* : întoarcerea pistoanelor sub acţiunea aerului comprimat în spaţiile moarte ale cilindrilor compresorului, compresia aerului în spaţiile *9* ale compresorului şi refularea lui în rezervorul *13* pentru aerul de spălare prin supapele *3*, aspiraţia aerului proaspăt prin supapele *6* în cilindrii *7* compresia aerului în cilindrul motorului *1*, injecţia combustibilului prin injectorul *14*, şi aprinderea lui datorită temperaturii aerului comprimat.

Funcţionarea motorului cu pistoane libere ca generator de gaz în combinaţie cu o turbină cu gaze, poate fi înţeleasă din fig. 3, în care generatorul de gaze este un motor simetric cu tampon de aer.

Instalaţia după această schemă este compactă şi uşoară. Datorită suprafeţei mari a pistonului în cilindrul tampon de aer, sînt necesare presiuni mici ale aerului comprimat pentru întoarcerea pistoanelor la p.m.i.

Aceasta permite ca în unele cazuri să se pună în comunicaţie cilindrul tampon de aer cu rezervorul de spălare.

Întrucît tot lucrul util al gazelor arse care se destind este transmis aerului comprimat în cilindrii tampon, la cursa de întoarcere a pistoanelor motorului, acceleraţia mişcării este mare şi în consecinţă creşte numărul ciclurilor efectuate pe minut.

Întrucît nu se cer presiuni mari aerului pentru spălarea gazelor arse, motoarele cu pistoanele

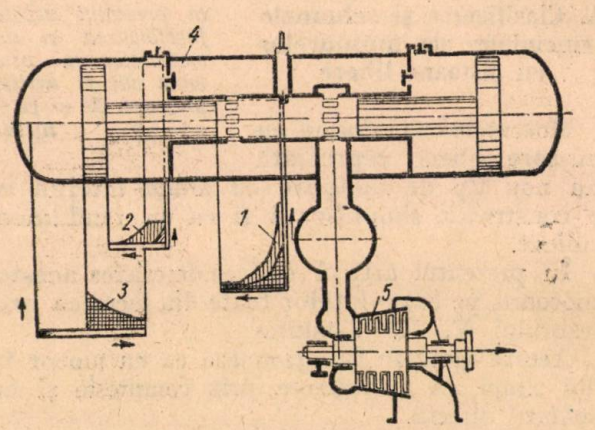


Fig. 3. Schema instalaţiei combinate cu motoare cu pistoane libere şi turbină cu gaze :

1 — ciclul motorului; *2* — ciclul compresorului; *3* — ciclul tamponului de aer; *4* — motorul cu pistoane libere; *5* — turbina cu gaze.

libere folosite ca generatoare de gaze sînt de tipul motoarelor simetrice.

În fig. 4 este reprezentat un motor cu pistoane libere simetric fără tampon de aer cu compresorul în două faze, construit în uzinele sovietice, „Compresor".

Aerul comprimat în prima fază a compresorului dispus în stînga este trimis în faza a doua dispusă în dreapta, iar din prima fază dispusă în dreapta este trimis în faza a doua dispusă în stînga. În acest fel se realizează echilibrarea presiunilor. Între prima fază şi a doua, aerul este răcit în răcitoare intermediare.

Răcirea motorului se face cu apă a cărei circulaţie este asigurată printr-o pompă cu palete pusă în mişcare de axul roţii dinţate a mecanismului de sincronizare. Răcirea radiatoarelor este asigurată de două ventilatoare acţionate prin motoare de aer comprimat alimentate de la rezervorul de aer comprimat. Aerul lucrat

care iese din motoare este evacuat în rezervorul aerului de spălare.

O caracteristică a motoarelor cu pistoane cu mişcare liberă este că numărul de cicli pe minut,

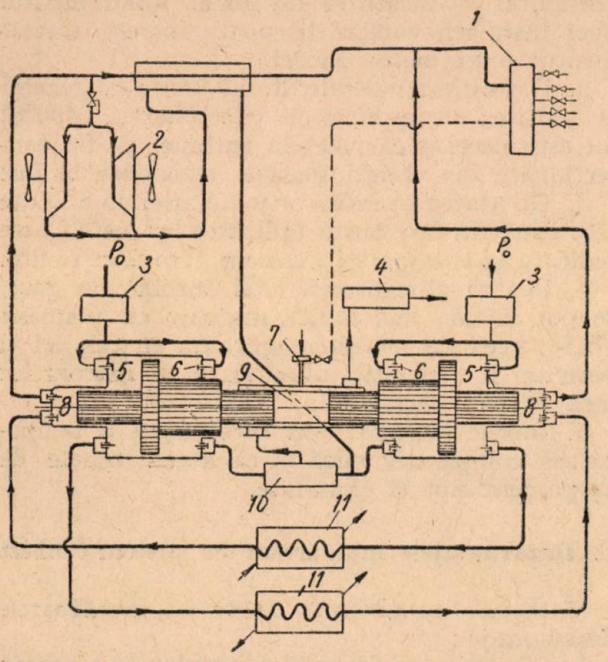


Fig. 4. Schema generală a motorului cu pistoane libere simetric fără tampon de aer, cu compresorul în două faze:
1 — rezervorul de aer comprimat; *2* — motor cu aer comprimat; *3* — filtre de aer; *4* — tobă de eşapament; *5* — prima fază a compresiei; *6* — pompe de baleiaj; *7* — injectorul; *8* — faza a doua a compresării; *9* — cilindrul motorului; *10* — rezervorul aerului de spălare; *11* — răcitorul intermediar al primei faze.

şi cursa pistoanelor variază în funcţie de regimul de lucru al motorului respectiv în funcţie de debitul de combustibil injectat în motor.

Pentru a asigura funcţionarea sincronă a celor două grupe de pistoane este necesar a se prevedea un dispozitiv de sincronizare; în lipsa acestui dispozitiv, imperfecţiunile de execuţie şi inegalitatea rezistenţelor la frecare pot provoca o deplasare inegală a celor două grupe de pistoane şi motorul se opreşte. Mecanismul de sincronizare poate fi de două tipuri:

a) cu cremalieră şi roţi dinţate (fig. 5, *a*) şi

b) cu balansier (fig. 5, *b*).

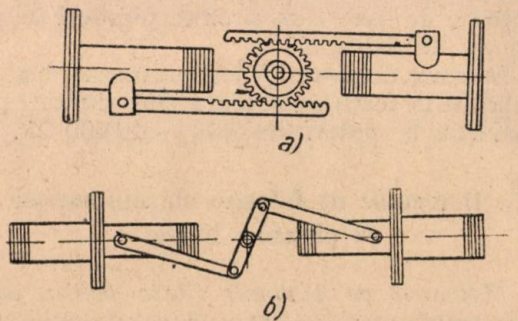


Fig. 5. Mecanismul de sincronizare al motoarelor cu pistoane libere:
a — cu cremalieră şi roţi dinţate; *b* — cu balansier.

Mecanismul de sincronizare balansier este mai avantajos deoarece este mai simplu în construcţie, este mai puţin zgomotos şi poate primi toate eforturile transmise de la un piston la altul în cazul defectării supapelor de aer ale compresorului.

Pornirea motoarelor cu pistoane libere se poate face prin două procedee:

a) prin resort spiral, la motoarele fără tampon de aer, cu putere mică;

b) prin aer comprimat, la motoarele cu putere mare.

În ambele cazuri, pistoanele sînt aduse cu ajutorul unei instalaţii speciale de pornire în poziţia extremă exterioară, apoi ele sînt aduse spre punctul mort interior executînd comprimarea aerului în cilindrul motorului.

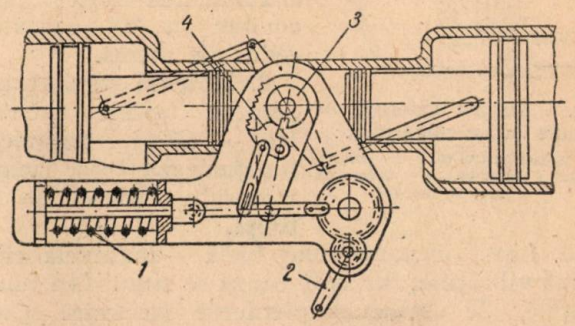


Fig. 6. Schema instalaţiei de pornire cu resort:
1 — resort; *2* — manetă; *3* — pîrghie; *4* — clichet.

În fig. 6 este reprezentată schema instalaţiei de pornire cu resort.

Pentru pornire, se comprimă resortul *1*, cu ajutorul manetei *2* şi a unei transmisii prin roţi dinţate. Odată cu compresia aerului spiral, pistoanele sînt aduse spre punctele moarte exterioare, prin intermediul pîrghiei *3*, şi a balansierului de sincronizare şi a clichetului *4*.

La sfîrşitul compresării resortului, clichetul *4* eliberează balansierul de sincronizare şi acesta, sub acţiunea resortului care se destinde, aduce pistoanele spre p.m.i. executînd astfel compresia aerului, la sfîrşitul căreia se produce injecţia şi aprinderea combustibilului şi motorul porneşte.

Pentru a uşura pornirea motorului, resortul se calculează astfel încît la pornire pistoanele să se apropie mai mult decît în timpul regimului normal de funcţionare.

În fig. 7 este reprezentată schema instalaţiei de pornire cu aer comprimat.

Înainte de pornire pistoanele sînt aduse la p.m.e.

Pentru pornire, se deschide robinetul cu trei căi *1*, care pune în comunicaţie butelia de aer comprimat cu camera *2*, şi mai departe, prin supapa *3* în camera *4*. Prin aceasta se stabileşte o presiune egală în camerele *2* şi *4* iar supapa *5* este presată pe scaunul ei. Apoi, tot cu ajutorul robinetului cu trei căi *1*, se pune în comunicaţie camera *2* cu atmosfera. Suprafaţa pistonului fiind mai mare decît suprafaţa supapei *5*, presiunea aerului din camera *4* va provoca ridicarea pistonului şi a supapei în sus, permi-

ţînd pătrunderea aerului comprimat în cilindrul tampon la motoarele cu aer comprimat sau în spaţiul mort al compresorului, la motoarele fără tampon de aer.

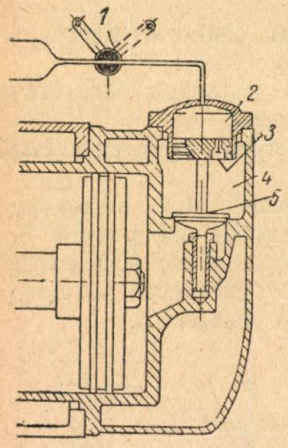


Fig. 7. Schema instalaţiei de pornire cu aer comprimat:
1 – robinet cu trei căi; *2* – camera de aer; *3* – supapă; *4* – camera de aer; *5* – supapă.

B. Avantajele motoarelor cu pistoane libere

Motoarele cu pistoane libere au următoarele avantajii:

1. Construcţia motorului şi compresorului într-un singur corp şi simplificarea construcţiei conduc la un consum redus de metal.

2. Motorul are un randament termic ridicat (40 — 45%) deoarece funcţionează după ciclul motorului Diesel în 2 timpi.

3. Lipsa mecanismului bielă — manivelă elimină vibraţiile, din care cauză se simplifică fundaţiile; de asemenea pierderile mecanice scad simţitor.

4. Reglarea debitului de aer al compresorului se realizează uşor prin variaţia cursei pistoanelor în funcţie de cantitatea de combustibil injectată în cilindrul motorului.

5. Uzura cilindrilor şi a pistoanelor este mai mică decît la motoarele obişnuite, deoarece lipsind mecanismul bielă-manivelă, lipseşte şi presiunea laterală a pistonului asupra cilindrului.

De asemenea lipsind cuzineţii se reduce simţitor uzura motorului.

6. Pornirea motorului cu pistoane libere este mai sigură chiar la temperaturi scăzute deoarece cursa pistoanelor este variabilă şi se poate mări raportul de compresie la pornire.

7. La motoarele cu bielă manivelă şi arbore motor mărirea puterii motorului prin supraalimentare impune mărirea dimensiunilor pieselor de lucru ale motorului şi în consecinţă creşte greutatea lui.

La motoarele cu presiune liberă, variaţia presiunii de insuflare determină variaţia cursei pistoanelor fără a mări presiunea de lucru în cilindrul motorului şi în consecinţă nu este necesară o supradimensionare a pieselor de lucru.

8. Motoarele cu pistoane libere pot folosi combustibili ieftini, cum ar fi motorina, produse grele de distilare ale petrolului sau chiar gaze.

9. Motorul cu pistoane libere este ferit de avarii grave deoarece la orice început de gripare, mişcarea pistoanelor în cilindrii este frînată, compresia aerului în cilindrul motor este insuficientă şi motorul se opreşte.

10. Motorul cu pistoane libere poate funcţiona ca generator de gaze.

Instalaţiile de forţă combinate din motoare cu pistoane libere şi turbine cu gaze au următoarele avantaje:

1. Randamentul instalaţiilor combinate este mare (40% şi mai mult), deoarece motorul cu pistoane libere produce gaze la temperaturi şi presiuni ridicate, neadmisibile pentru instalaţiile obişnuite producătoare de gaze. Randamentul unei instalaţii combinate poate întrece randamentul unui motor Diesel.

2. Datorită temperaturii moderate a gazelor la intrarea în turbină cu gaze (500° . . . 600°C) nu este necesar ca paletele turbinei să fie confecţionate din oţeluri speciale rezistente la foc.

3. Greutatea specifică a instalaţiei combinate este mică din care cauză aplicarea lor este foarte indicată la transportul maritim, feroviar şi auto.

4. Pentru alimentarea unei turbine cu gaze, se pot instala mai multe motoare cu pistoane libere, ceea ce măreşte siguranţa instalaţiei şi permite o reparaţie planificată a motoarelor fără oprirea instalaţiei.

5. Gazele evacuate din turbină au o temperatură comparativ mică şi de aceea tobele de eşapament pot fi eliminate.

C. Dezavantajele motoarelor cu pistoane libere

Motoarele cu pistoane libere au următoarele desavantaje:

1. Cilindrii şi pistoanele motorului cu pistoane libere se uzează mai repede decît piesele unei turbine cu gaze.

2. Mecanismul de sincronizare măreşte volumul motorului.

3. Motorul cu pistoane libere fără tampon de aer nu este stabil la variaţia sarcinii din cauza variaţiei spaţiilor moarte ale compresoarelor şi a presiunii aerului în aceste spaţii; de aceea sînt necesare tampoane de aer speciale care complică construcţia motorului.

4. Pompa de injecţie comandată mecanic de mişcarea pistoanelor nu poate asigura o injecţie rapidă la sfîrşitul compresiei deoarece tocmai atunci mişcarea pistoanelor este încetinită.

Din această cauză se obişnueşte injecţia pneumatică.

5. În cazul instalaţiilor combinate cu mai multe motoare cu pistoane libere care alimentează cu gaze aceeaşi turbină sînt necesare colectoare de gaze care produc pierderi de presiune şi de căldură.

Din cauza dezavantajiilor enumerate mai sus, instalaţiile de forţă combinate sînt limitate pînă în prezent la puteri de 300 — 40 000 CP.

D. Domeniile de folosire ale motoarelor cu pistoane libere

1. *Motoarele cu pistoane libere pentru acţionarea compresoarelor.* Datorită construcţiei simple, compactă şi economică, motoarele cu pistoane libere au căpătat o mare răspîndire în instalaţiile fixe şi mobile de aer comprimat, în special pentru alimentarea maşinilor pneumatice (ciocane cu aer comprimat, maşini de găurit etc.).

În fig. 8 este reprezentată fotografia unei instalaţii de aer comprimat mobilă cu motor cu pistoane libere, montată pe un cărucior.

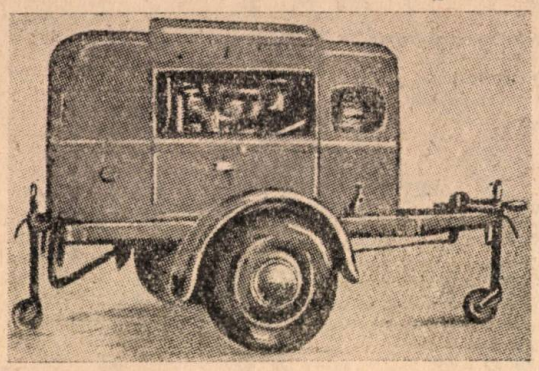


Fig. 8. Fotografia unui motocompresor cu pistoane libere.

2. *Motoarele cu pistoane libere combinate cu turbine de gaze, fixe* pot găsi o largă aplicare la centralele electrice.

Ele pot fi folosite în mod special la centralele electrice de putere mică şi mijlocie, cum şi ca motoare de rezervă la centralele mari. Aceste instalaţii au avantajul că nu necesită fundaţii grele, deoarece forţele de inerţie sînt echilibrate, au greutatea specifică mică (12 — 14 kg/CP) necesită suprafaţă mică deoarece sînt compacte şi au un consum specific mic de combustibil (165 — 180 g/CPh).

În fig. 9 este reprezentată schema şi fotografia unei centrale electrice cu două motoare cu pistoane libere care alimentează o singură turbină. Turbina cu gaze este cuplată direct cu generatorul electric.

Randamentul total al acestei instalaţii este de 37% faţă de 17% cît este randamentul total al unei centrale electrice cu turbină cu gaze cu presiune constantă, în circuit deschis, pe un singur ax, fără recuperator. De asemenea trebuie menţionat că la o instalaţie combinată din motoare cu pistoane libere şi turbină cu gaze, toată puterea turbinei este utilă, pe cînd la o instalaţie cu turbină cu presiune constantă 75% din puterea turbinei este consumată de compresor şi numai 25% devine utilă. De aceea turbina este mai mică la instalaţia combinată cu motoare cu pistoane libere şi deci mai ieftină. Datorită faptului că instalaţiile combinate sînt uşoare şi ocupă spaţiu redus, ele se pretează foarte bine pentru centralele electrice mobile necesare pe şantierele de construcţii, şi în transport.

3. *Instalaţiile combinate cu motoare cu pistoane libere pentru transportul feroviar.* Pînă în prezent aplicarea cea mai largă în transportul feroviar o are locomotiva cu abur, deoarece maşina cu vapori este cuplată direct cu roţile locomotivei, schimbarea sensului de mers se poate face uşor, funcţionarea ei este sigură, se pot folosi combustibili ieftini, etc.

Totuşi prezintă un deosebit interes şi locomotivele cu motoare cu ardere internă.

Folosirea instalaţiei de forţă combinată din motoare cu pistoane libere şi turbine cu gaze prezintă următoarele avantaje: poate fi folosită în regiuni fără apă, are o durată de funcţionare mare „fără reparaţii capitale" şi randamentul total este de 2,3 — 3 ori mai mare decît randamentul locomotivei cu abur, ceea ce reduce cantitatea de combustibil necesară pe locomotivă.

Puterea motoarelor cu pistoane libere instalate pe locomotive este de 1 000—5 000 CP iar greutatea specifică a lor este de 8 — 12 kg/CP h.

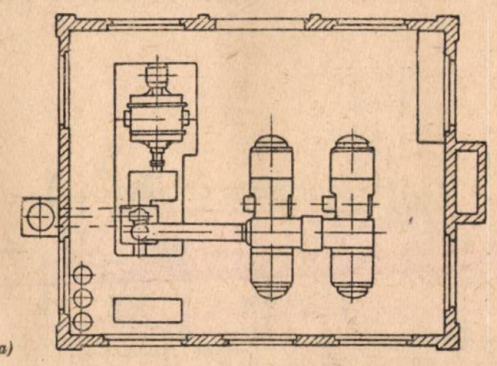
În fig. 10 este reprezentată secţiunea unei instalaţii combinată din motoare libere şi turbină cu gaze pe o locomotivă de 1 000 CP.

Mişcarea se transmite de la turbina cu gaze printr-un ax cardanic la o cutie de viteze cu ajutorul căreia se reglează regimul de viteză şi se inversează sensul de mers al locomotivei.

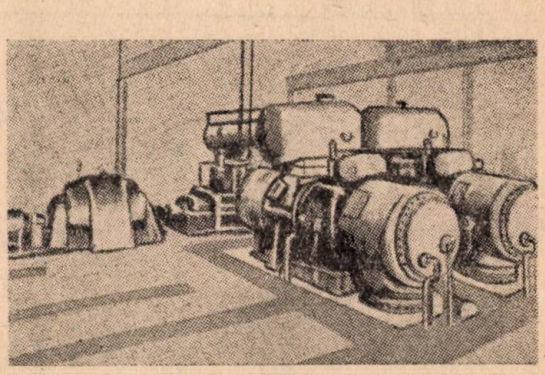
Comanda mecanismului se face cu aer comprimat.

De la cutia de viteze *1* mişcarea se transmite la două axe cordanice *2* care transmit mişcarea la reductoarele *3* montate pe cărucioarele *4*.

De la reductoare mişcarea este transmisă



a)



b)

Fig. 9. Centrală electrică cu instalaţie combinată (motoare cu pistoane libere — turbină cu gaze): *a* — plan; *b* — fotografie.

primelor două perechi de roţi şi apoi prin axele cardanice intermediare la celelalte două perechi de roţi.

La partea inferioară a compartimentului de maşini se află rezervorul cu ulei de turbine *6*.

În compartimentul maşinilor auxiliare este instalat un motor în 6 cilindri de 90 CP care acţionează ventilatorul *7* compresor de aer pentru frîne, compresor de aer pentru pornirea

motoarelor cu pistoane libere generator electric pentru încărcarea acumulatorilor şi pentru ali-

Locomotiva are două trepte de viteze : viteza 1-a de 71 km/h şi viteza 2-a de 125 km/h.

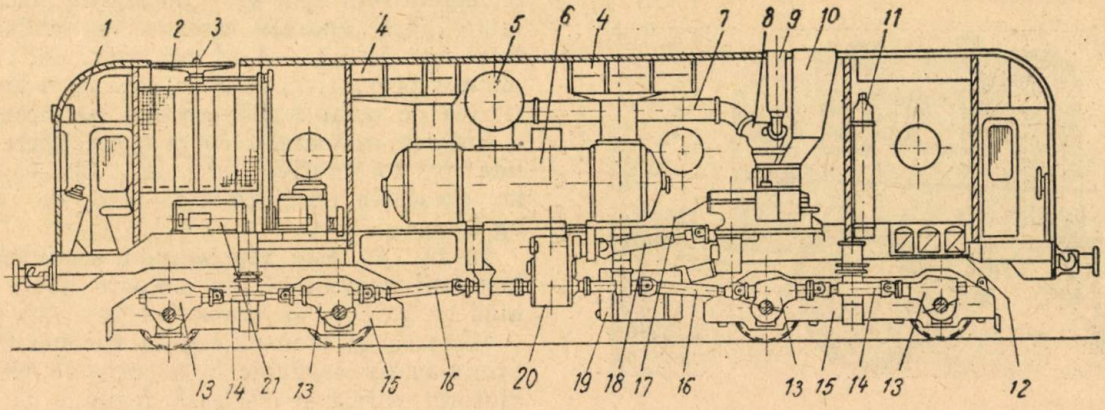


Fig. 10. Locomotiva cu instalaţie de forţă combinată din motoare cu pistoane libere şi turbină cu gaze.

mentarea motoarelor pentru pompele de ulei şi de apă.

Radiatoarele *8* sînt instalate în părţile laterale ale locomotivei.

Pe acoperişul locomotivei sînt instalate filtrele de aer *9* pîlniile *10* pentru evacuarea gazelor

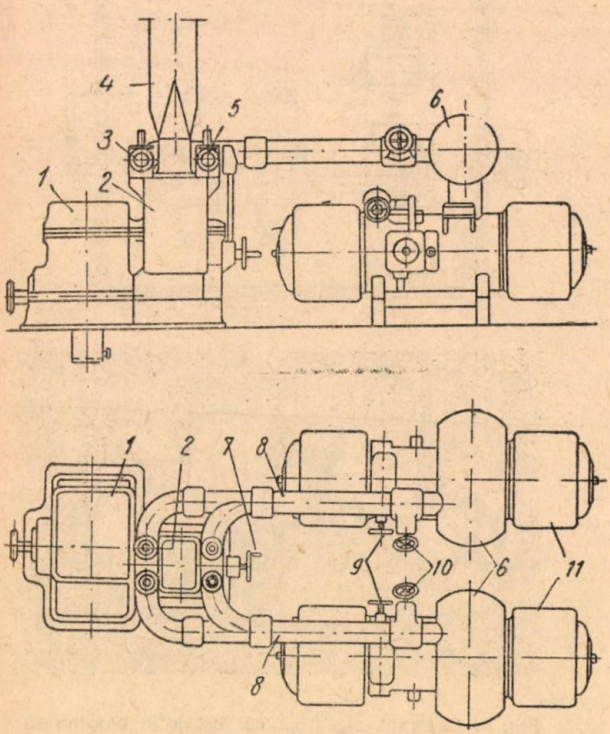


Fig. 11. Schema unei instalaţii de forţă combinată (motoare cu pistoane libere — turbină cu gaze) pe o navă :

1 — reductor ; *2* — turbina de gaze (*n* = 9000 t/min) ; *3* — supape de pornire a turbinei ; *4* — conducta de evacuare ; *5* — supapă de pornire ; *6* — rezervor pentru gazele de evacuare ; *7* — manetă pentru schimbarea sensului de mers ; *8* — conductă ; *9* — manetă pentru pornirea motorului cu pistoane libere ; *10* — supape ; *11* — motoare cu pistoane libere.

lucrate în turbină şi turbinele *11* pentru scăparea gazelor de lucru în atmosferă.

Între sala maşinilor şi postul de conducere din spate se află compartimentul cu buteliile de aer comprimat *12* şi acumulatorii *13*.

Randamentul instalaţiei de forţă combinată pe o locomotivă din această categorie a fost 33,5% faţă de 16% cît a fost randamentul unei instalaţii cu turbină de gaze la presiune constantă construită.

În concluzie, locomotiva cu instalaţie de forţă combinată din motoare cu pistoane libere şi turbină cu gaze prezintă un interes deosebit deoarece ea nu necesită o transmisie electrică, are un moment mare la pornire şi consumă combustibili ieftini.

4. *Instalaţii combinate cu motoare libere pentru transportul pe apă.* Instalaţiile combinate din motoare cu pistoane libere şi turbine cu gaze prezintă foarte mari avantajii în transportul pe apă atît pentru propulsie cît şi pentru producerea energiei electrice deoarece sînt uşoare, ocupă spaţiu mic, au randament mare şi nu produc vibraţii.

Avînd un consum mic de combustibil ele asigură o mare rază de acţiune a navelor fără a intra în porturi.

Ing. E. E. Lontkevici arată că economia de material realizată prin aplicarea instalaţiilor combinate la nave, faţă de o instalaţie cu turbine cu abur de aceeaşi putere este de 28,7%.

Această economie în greutate poate fi utilizată pentru mărirea rezervei de combustibil, adică la mărirea razei de acţiune a navei.

Ţinînd seama de economia în greutate şi de economia de combustibil pe de altă parte E. E. Lontkevici arată că raza de acţiune a navei poate fi mărită de la 300 mile cît era raza de acţiune în cazul turbinelor cu abur, la 1 709 mile, adică cu 568%.

Greutatea specifică este de 9,5 în loc de 33,5 kg/CP oră cît era la nava cu turbine cu abur.

În fig. 11 este reprezentată schema unei instalaţii combinată pentru o putere de 1 800 CP, compusă din două motoare cu pistoane libere care alimentează o turbină cu gaze cuplată cu elicea prin reductor şi o altă turbină cu gaze cuplată cu generatorul electric de la care se alimentează agregatele auxiliare ale navei.

Temperatura gazelor înainte de intrarea în turbină este de 500°C iar presiunea de 3,5 kg/cm².

Puterea turbinei se reglează prin trimiterea direct în atmosferă a unei părţi din gazele produse de motoarele cu pistoane libere.

Schimbarea sensului de rotaţie a turbinei, respectiv a sensului de înaintare a navei se realizează cu ajutorul unei clapete manevrată cu roata de manevră 7.

La opririle de scurtă durată, la schimbarea sensului de înaintare şi la schimbarea vitezei

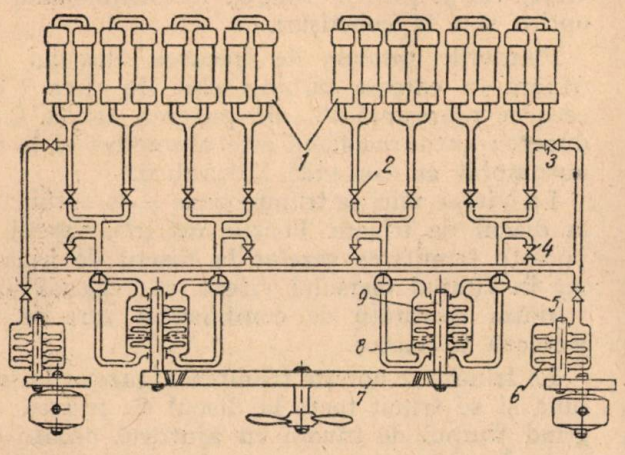


Fig. 12. Proiectul unei instalaţii combinată pentru o navă de 31 000 t.

nu este necesar să se oprească motoarele cu pistoane libere, deoarece gazele pot fi trimise direct în atmosferă, pe lîngă turbină; acesta este un avantaj considerabil faţă de navele cu motoare cu ardere internă.

Pentru pornirea motoarelor cu ardere internă servesc butelii de aer comprimat: acestea pot fi mult mai mici decît la navele cu motoare Diesel.

În fig. 12 este reprezentată schema unei instalaţii de forţă combinată pe o navă cu un deplasament de 31 000 t. Puterea la axul elicei este de 13 560 CP la o turaţie de 90 t/min.

O parte din gazele produse de motoarele cu pistoane libere sînt folosite pentru acţionarea a două turbine de gaze auxiliare, cuplate fiecare cu cîte un generator de 500 kW. Instalaţia de forţă se compune din două grupe a cîte 8 motoare cu pistoane libere, fiecare grupă alimentînd o turbină de gaze. Cele două turbine acţionează prin intermediul cîte unui reductor cu două viteze înainte şi o viteză înapoi, asupra aceluiaşi ax cu elice. Puterea totală a motoarelor cu pistoane libere este de 16 600 CP. Pornirea motoarelor cu pistoane libere se face succesiv cu aer comprimat la o presiune maximă de 32 kg/cm².

În tabela 1 este dată comparaţia indicilor tehnico-economici caracteristici a instalaţiei marină descrisă mai sus cu alte tipuri de instalaţii.

5. *Instalaţii combinate cu motoare cu pistoane libere pentru transportul auto.* Pînă în prezent au fost aplicate motoarele cu pistoane libere în special la instalaţii de forţă de putere mare. Totuşi, ele se pot aplica şi la transportul auto în special la autocamioanele de mare tonaj. Industria de automobile a construit pînă în prezent autocamioane de 25 t cu motoare de 300 CP.

Tabela 1

Nr. crt.	Tipul instalaţiei	Puterea CP	Greut. totală a instalaţiei tone	Greut. specifică kg/CP	Consum specific de combust. g/CPh	Randament %
1.	Instalaţie de turbine cu vapori .	6 200	237	38,2	0,310	20,5
2.	Instalaţia cu motoare în doi timpi cu aprindere prin compresie. . . .	6 200	530	85,5	0,177	37
3.	Instalaţia cu turbine cu gaze la presiune constantă cu ardere în două trepte.	6 200	90	14,5	0,290	22
4.	Instalaţia combinată (motoare cu pistoane libere-turbină cu gaze) . .	14 900	270	18,7	0,18	35

Motoarele cu pistoane libere combinate cu turbinele cu gaze, pot fi aplicate cu succes, deoarece ele reduc consumul de metal datorită greutăţii specifice redusă şi a randamentului mare.

Au fost proiectate instalaţii combinate pentru transportul auto cu puteri de 200 — 400 CP şi greutatea specifică de 1 — 1,5 kg/CP.

În fig. 13 este reprezentată schema unei instalaţii combinate pe un autocamion de 18 t.

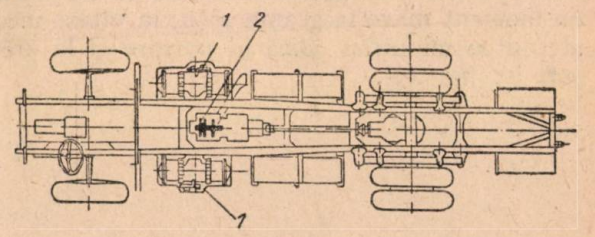


Fig. 13. Schema unei instalaţii combinată pe un autocamion de 18 t.
1 — motoare cu pistoane libere 2 — turbina cu gaze.

Instalaţia se compune din două motoare cu pistoane libere care alimentează o turbină cu

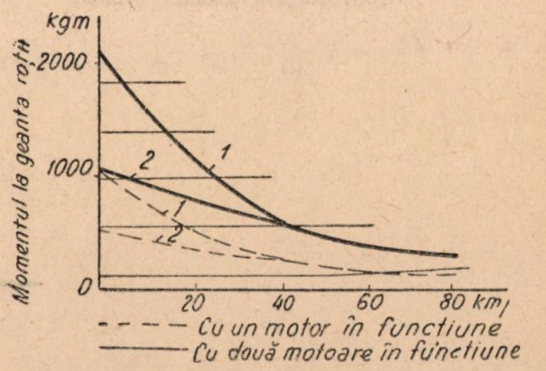


Fig. 14. Variaţia momentului la geanta roţii în funcţie de viteza automobilului:
1 — la viteza 1-a; 2 — la viteza 2-a.

gaze cu două trepte, avînd o putere la ax de 240 CP.

Motoarele cu pistoane libere pot fi instalate orizontal sau vertical, în partea din spate, la

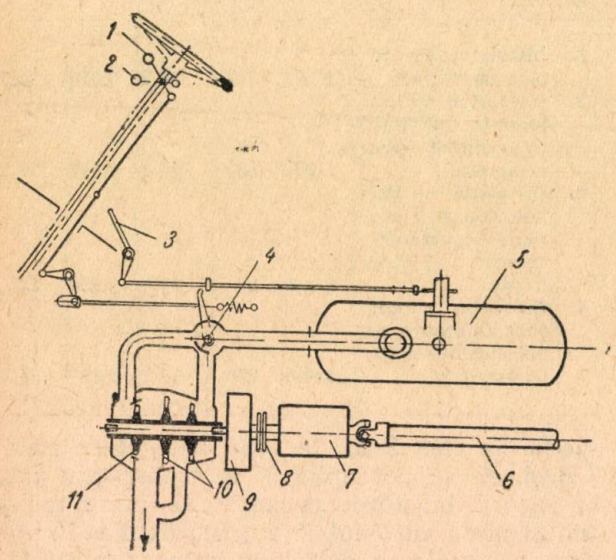


Fig. 15. Schema de comandă a instalaţiei combinată pe automobil:

1 – maneta de comanda gazelor în timpul mersului; *2* – maneta de gaze la frînare; *3* – pedala de gaze; *4* – clapele de gaze; *5* – motorul cu pistoane libere; *6* – ax cardanic; *7* – cutia de viteze; *8* – ambreaj; *9* – reductor; *10* – rotorul turbinei; *11* – discul de frînare al turbinei.

mijloc sau în partea din faţă în funcţie de destinaţia maşinii.

Un mare avantaj al motoarelor cu pistoane libere pentru transportul auto este că ele produc un moment mare la geanta roţii, la viteze medii ale autocamionului adică la pornire şi la urcuşuri (v. fig. 14).

De obicei transmisia este prevăzută cu două viteze pentru mersul înainte şi o viteză pentru mersul înapoi.

Dificultatea cea mai mare pentru instalaţiile combinate la autocamioane este schimbarea vitezelor, deoarece turbina lucrează cu o turaţie mare (turaţia maximă este de 30 000 t/min).

Pentru a înlesni schimbarea vitezelor, se instalează pe rotorul turbinei un disc de frînare, la care se aduc gaze de la motorul cu pistoane libere. Discul de frînare serveşte atît pentru frînarea rotorului turbinei la schimbarea vitezelor, cît şi pentru frînarea autocamionului la oprire sau la coborîşuri.

Pierderile produse de frecarea discului de frînare în carcasa turbinei sînt de circa 7 CP ceea ce reprezintă 3% din puterea totală. Conducerea autocamionului este asemenea ca la un automobil cu comandă hidraulică.

La viteze mici se trimite gaze şi la turbină şi la discul de frînare. Pentru mărirea vitezei se opreşte trimiterea gazelor la discul de frînare, iar în timpul mersului viteza se reglează prin variaţia cantităţii de combustibil care se injectează în motor.

La frînare se opreşte trimiterea gazelor în turbină şi se trimit toate la discul de frînare, reglînd timpul de frînare cu ajutorul pedalei de gaze. În cazuri rare se poate face trecerea de la viteza I-a la viteza a II-a prin oprirea maşinii.

In fig. 15 este reprezentată schema instalaţiei de comandă.

Bibliografie

Koşkin V.: Motoare cu pistoane cu mişcare liberă, 1954.

★

ДВИГАТЕЛИ СО СВОБОДНЫМИ ПОРШНЯМИ

Резюме

В настоящей статье дается описание, действие и облисти применения двигателей с свободными поршнями.

Эти двигатели могут использоватся как компрессорные двигатели и как газогенераторы для газовых турбин.

LINII PENTRU TRANSPORTUL ENERGIEI ELECTRICE CU SUPORŢI DIN BETON ARMAT CENTRIFUGAT

— REALIZĂRI ÎN R. P. R. —

Ing. N. GHEORGHIU şi ing. W. MARIAN

Înlocuirea suporţilor de lemn şi metal prin suporţi de beton armat centrifugat la liniile pentru transportul energiei electrice constituie un progres din punct de vedere tehnic şi economic. În articol se arată realizările din ultimii ani în R.P.R., în acest domeniu şi se descrie realizarea unei maşini speciale de centrifugat, organizarea producţiei de stîlpi şi a unei serii de tipuri de suporţi de beton armat centrifugat utilizate pînă în prezent.

In planul de electrificare a R. P. R. realizarea liniilor pentru transportul energiei electrice constituie una din problemele importante.

Cum, în general, asupra echipamentului liniilor (conductori, izolatori etc.) nu se pot face raţionalizări constructive care să le reducă substanţial preţul de cost, alegerea tipurilor de suporţi, care reprezintă circa 30% din valoarea totală a liniei, poate avea importante consecinţe economice în realizarea unei linii.

In cele ce urmează se prezintă realizările din R.P.R. pînă în momentul de faţă în ceea ce priveşte fabricarea şi folosirea betonului centrifugat ca material pentru construirea suporţilor.

* * *

Consideraţii generale

După cum se ştie, materialele curente pentru execuţia suporţilor liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune sînt lemnul şi metalul şi, ca material mai rar întrebuinţat, betonul armat.

Din punct de vedere al investiţiilor iniţiale, liniile de suporţi de lemn sînt cele mai ieftine, stîlpii de lemn se construiesc relativ uşor, ei sînt uşor de transportat şi se pot monta într-un timp scurt. Stîlpii de lemn nu se pot întrebuinţa însă pentru conductori cu secţiune mare şi pentru deschideri mari. Liniile pe suporţi de lemn prezintă un coeficient de siguranţă mecanică mai mic decît liniile pe suporţi metalici sau beton armat. Din cauza putrezirii lemnului, aceste linii au o viaţă de 15—20 ani, dacă stîlpii sînt impregnaţi.

Suporţii metalici elimină neajunsurile celor din lemn. Ei se pot folosi pentru deschideri foarte mari şi pentru conductori cu secţiune mare. Cheltuielile de exploatare sînt mai mici decît la liniile cu suporţi de lemn. Suporţii metalici trebuie însă vopsiţi cu regularitate la 3-6 ani din cauza pericolului de ruginire. Liniile construite pe suporţi metalici necesită investiţiile cele mai mari comparativ cu suporţii din alte materiale.

Deoarece atît lemnul cît şi oţelul laminat sînt materiale care trebuie folosite astăzi cu foarte mare discernămînt şi numai acolo unde nu pot fi înlocuite fiind materiale deficitare, betonul armat apare ca material indicat pentru confecţionarea suporţilor pentru linii.

Nu vom cita aici decît cîteva din calităţile betonului armat ce favorizează aplicarea lui în construcţia liniilor de înaltă tensiune. Materia primă este uşor de procurat iar execuţia simplă. Betonul prezintă mare rezistenţă faţă de agenţii atmosferici, astfel că nu comportă întreţinere. Stîlpii de beton au un aspect plăcut şi o durabilitate practic nelimitată.

Ca neajunsuri ale suporţilor de beton armat trebuie menţionat că faţă de suporţii confecţionaţi din celelalte materiale sînt mai grei şi necesită mai multă atenţie la transport.

Din punct de vedere economic, liniile construite pe suporţi de beton armat necesită investiţii iniţiale mai mari decît liniile corespunzătoare pe suporţi de lemn şi investiţii mai mici sau cel mult egale cu liniile corespunzătoare pe suporţi metalici.

Cheltuielile anuale pentru o linie pe suporţi de beton armat sînt cele mai mici în comparaţie cu cheltuielile pentru aceeaşi linie pe suporţi de lemn sau metalici.

Deci, din punct de vedere economic, utilizarea suporţilor de beton armat este avantajoasă chiar în raport cu suporţii de lemn, deoarece diferenţa la cheltuielile anuale de exploatare pe toată durata liniilor este mai mare decît surplusul de investiţii iniţiale pentru liniile pe suporţi de beton armat.

Deşi în trecut au existat cîteva încercări în ceea ce priveşte folosirea betonului armat drept material pentru construcţia suporţilor pentru liniile electrice de înaltă tensiune, abia de cînd electrificarea ţării a devenit o problemă de stat acest lucrua constituit o preocupare permanentă.

Astfel în anii 1948—1949 se fac primele încercări pentru folosirea stîlpilor de beton armat centrifugat la reţelele electrice de joasă tensiune. Mai tîrziu în 1952 se începe construcţia primelor linii de înaltă tensiune cu suporţi de beton armat centrifugat.

Astăzi, există sub tensiune linii de 6, 15, 35 kV pe suporţi de beton armat centrifugat totalizînd cîteva sute km lungime. Sînt în proiect şi în curs de execuţie alţi zeci de km pentru linii cu tensiuni ajungînd pînă la 110 kV.

După cum se observă, tendința actuală în R.P.R. la folosirea liniilor cu suporți de beton armat este aceea a folosirii betonului centrifugat. Aceasta, deoarece pe lîngă avantajele expuse mai sus, oferite de betonul armat vibrat și în general cunoscute, betonul armat centrifugat mai prezintă și următoarele avantaje :

— prin centrifugare se obține un beton cu calități superioare celorlalte betoane (omogenitate și compactitate maximă) ;

— posibilitatea de executare în serie prin mecanizarea aproape integrală a procesului de producție ;

— obținerea unor secțiuni cu randament maxim din punct de vedere static (secțiuni inelare) ;

— prin comportarea elastică a stîlpilor sub acțiunea sarcinilor, calitate ce-i apropie de stîlpii metalici, ei se comportă foarte bine la vibrații, șocuri, torsiuni etc. ;

— prin forma lor tubulară, stîlpii de beton centrifugat sînt, pentru aceleași eforturi, de greutate minimă față de stîlpii cu alte forme ale secțiunii transversale ;

— față de alte tipuri de stîlpi din beton vibrat, stîlpii din beton centrifugat sînt mult mai ușor de transportat.

Mașina de centrifugat stîlpi de beton

Problema determinantă în introducerea stîlpilor de beton armat centrifugat în construcția liniilor electrice aeriene este *mașina de centrifugat.*

In literatura tehnică se găsește foarte puțin material în legătură cu această mașină. Această documentație se reduce numai la o descriere cu totul sumară și la cîteva fotografii care arată aspectul general al mașinii și în care nu se vede nici un detaliu, în special pentru părțile cele mai importante ale instalației care sînt : reglajul și centrarea cofrajului de centrifugat.

In această situație și plecînd de la experiența căpătată în anii 1943—1948 cu o mașină de centrifugat socluri de beton armat de circa 3 m lungime, concepută și executată de către primul autor al articolului de față, în anii 1948—1949, acesta împreună cu un colectiv de ingineri și tehnicieni a conceput și a executat o mașină de centrifugat stîlpi (prima în R.P.R.) pentru executarea stîlpilor centrifugați de lungime pînă la 11 m.

Capacitatea acestei mașini este de circa 1 stîlp la o oră, o oră și jumătate.

Partea slabă a mașinei este centrarea cofrajelor stîlpilor și lipsa posibilității de reglaj a tamburilor.

Cu această mașină s-a lucrat destul de intens pentru executarea stîlpilor de beton armat centrifugat în anul 1952, precum și în anii 1953—54.

Deficiențele ce există la această mașină (capacitatea mică de producție, lungimea limitată de 11 m a stîlpului, precum și greutatea în centrarea cofrajului) a determinat să se conceapă o nouă mașină *) care să înlăture deficiențele semnalate.

Noua mașină a fost concepută cu următoarele caracteristici :

lungimea maximă de centrifugat = 20 m ;
diametrul maxim al stîlpului centrifugat = = 600 mm ;
greutatea maximă de centrifugat = 7 000 kg ;
turația maximă = 600 rot/min ;
puterea = 70 kW.

Descrierea mașinii de centrifugat stîlpi de beton armat. Mașina de centrifugat stîlpi de beton armat se compune dintr-o serie de 10 tamburi cilindrici în care se prinde cofrajul stîlpului.

Tamburii se pot învîrti în jurul unei axe orizontale fiind sprijiniți pe role. Fiecare tambur este așezat pe 6 role dispuse 2 cîte 2 la 120° ; patru role inferioare și două role superioare. Rolele se pot regla, ca poziție, pentru a se putea obține o aliniere corectă a celor 10 tamburi.

Tamburii sînt acționați fiecare în parte de la un arbore de transmisie comun, prin curele. Axul primește mișcarea de la un motor electric.

Pentru introducerea și scoaterea cofrajului stîlpului din mașină s-au prevăzut role de translație între tamburi. Cofrajul este introdus în mașină, rolele se ridică pentru a aduce axul stîlpului în axul mașinii și fiind menținut în această poziție cu ajutorul unui dispozitiv special, cofrajul se strînge în tamburi solidarizîndu-se perfect. Rolele sînt apoi complet coborîte și operația de centrifugare poate începe. Ridicarea și coborîrea rolelor se face printr-o serie de tiranți acționați printr-un șurub de la un electromotor.

Strîngerea cofrajului stîlpului. Unul din dispozitivele cele mai importante și mai delicate ale mașinii este sistemul de strîngere concentrică a cofrajului stîlpului în tambur. Strîngerea se face din trei puncte, prin pîrghii asemănătoare cu diafragma unui aparat fotografic. Prin rotirea unui inel exterior acționat manual printr-un melc, pîrghiile se strîng pe cofraj.

Problema strîngerii cofrajului este foarte importantă întrucît el trebuie strîns centric cu tamburul. Strîngerea se face, după cum s-a văzut mai sus, prin trei perechi de pîrghii acționate simultan de la un inel, fără nici o disimetrie între ele.

Tamburul este o construcție robustă din OLT 50. Sarcina maximă ce poate reveni unui tambur este de 8000 kg, la un regim de 500-600 rot/min.

Pîrghiile de strîngere a cofrajului trebuie deci :

— să strîngă centric cofrajul față de tambur ;

— să transmită prin tambur la rolele de sprijin și la fundație un efort care poate atinge 8 000 kg ;

— să reziste la vibrații rezultînd din turația indicată ;

— să nu se desfacă în timpul centrifugării.

Pîrghiile sînt executate din OL 60 și sînt prelucrate împreună pentru a nu prezenta nici o disimetrie. Bolțurile de articulație, din același material, sînt executate în toleranțe strînse, fără jocuri. Inelul pe care sînt prinse pîrghiile ghidează

*) Proiectanți : ing. N. Gheorghiu, ing. M. Slăvescu și ing. C. S. Marinescu.

strîns în tambur, fiind menţinut printr-un inel de strîngere puternic pentru eventuale eforturi axiale.

Un melc cu un singur început, acţionat manual cu ajutorul unei chei, roteşte inelul pe care sînt articulate pîrghiile. Melcul asigură pe de o parte

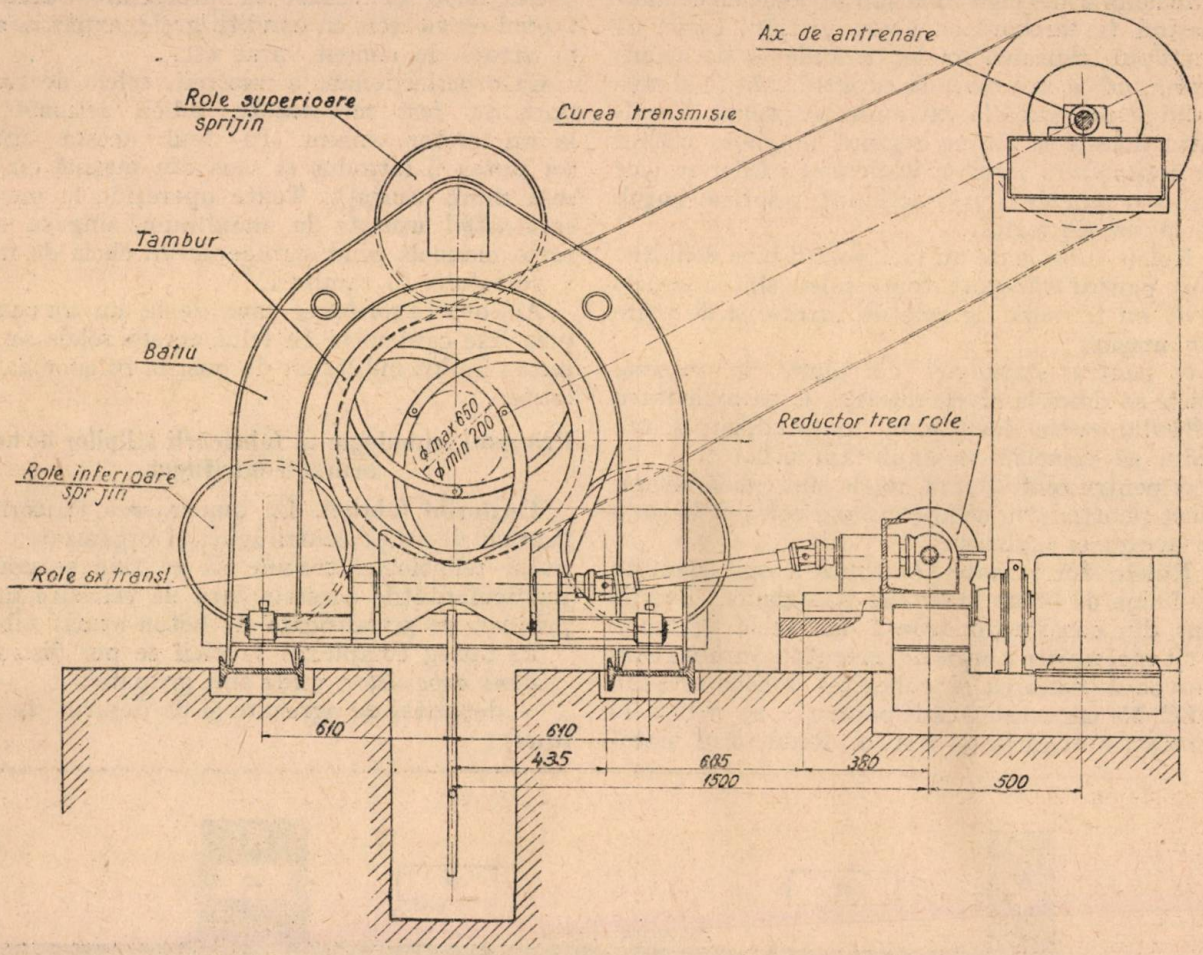


Fig. 1. Maşina de centrifugat stîlpi de beton. Secţiune transversală.

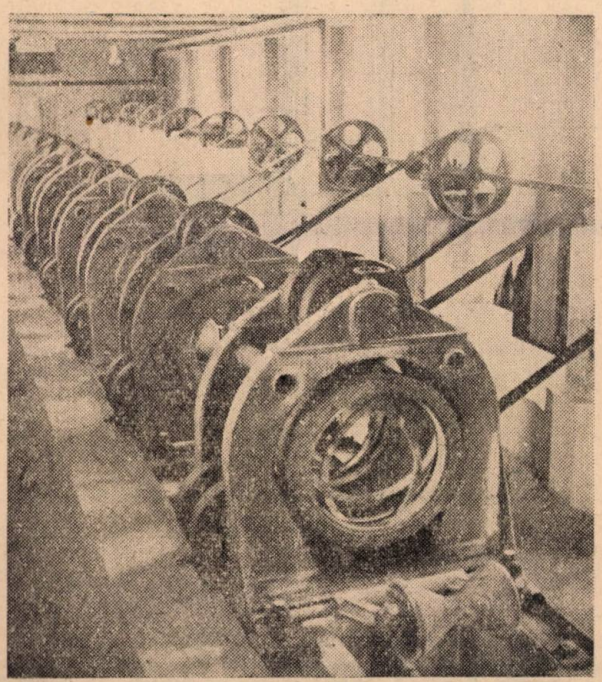


Fig. 2. Maşina de centrifugat — vedere generală.

o demultiplicare mare, dînd o forţă mare de strîngere a cofrajului, iar pe de altă parte blochează sistemul contra desfacerii.

Acţionarea maşinii. Acţionarea maşinii se face prin curele de piele fiecare tambur în parte fiind acţionat dela un ax de transmisie comun. In felul acesta se evită complet posibilitatea unei solicitări la torsiune a cofrajului ca rezultat a unei învîrtiri neuniforme a tuturor tamburilor. Cureaua de piele mai are în plus avantajul unei oarecare elasticităţi în funcţionare, amortîzînd transmiterea şocurilor de torsiune la axul de antrenare. Axul de antrenare comun este acţionat prin curele trapezoidale de la două motoare de curent continuu de cîte 40 CP care permit reglajul turaţiei maşinii.

Pentru a permite o uşoară aliniere a axului de antrenare pe cele 11 lagăre care îl susţin, axul a fost proiectat din tronsoane care nu reazimă pe mai mult de trei lagăre. Tronsoanele sînt legate între ele prin cuple elastice. In felul acesta montajul se simplifică simţitor.

Manipularea cofrajului în maşină. Cofrajul este introdus în maşină pe un tren de role în formă

de mosoare. Intre tamburii maşinii sînt montate role similare susţinute de furci basculante. Rolul acestora este de a ridica cofrajul odată introdus în maşină astfel încît axul său să coincidă cu axul maşinii (a tamburilor). Cofrajul fiind conic, ca şi stîlpul, ridicarea rolelor trebuie să fie neuniformă, adică mai mare la capătul subţire al stîlpului şi mai mică la extremitatea opusă. Rezultatul acesta se obţine reglînd lungimea cozilor de acţionare a furcilor. Ridicarea rolelor se face printr-o serie de tiranţi acţionaţi printr-un şurub de la un alt motor.

Rolele basculante au trei poziţii bine definite :

a) pentru transport, toate rolele sînt la acelaşi nivel cu trenurile de role de intrare şi de ieşire din maşină ;

b) pentru strîngerea cofrajului în maşină, rolele se ridică la nivele diferite, după conicitatea stîlpului, astfel încît axul longitudinal al stîlpului să coincidă cu axul tamburilor ;

c) pentru centrifugare, rolele sînt coborîte complect pentru a nu atinge cumva cofrajul, în timp ce acesta se învîrteşte.

Rolele sînt turnate din fontă şi sînt montate pe bucşe de bronz în furcile basculante. Furcile sînt din construcţie sudată din tablă pentru a fi cît mai uşoare şi uşor de executat. Şurubul care provoacă ridicarea şi coborîrea rolelor este din OLC 35 cimentat şi călit pentru a se reduce la minimum frecările şi uzura. Reductorul motorului pentru ridicarea rolelor are roţi din OLC 35 cimentate şi călite şi este montat pe rulmenţi în carcasă de fontă.

S-a avut în vedere la proiectarea acestuia faptul că va lucra în condiţii grele, expus la apă, la stropi de ciment, praf etc.

Ca o perfecţionare a maşinii, rolele de transport au fost mecanizate, adică acţionate de la un motor comun. In feul acesta stîlpul va putea fi introdus şi scos din maşină cu cea mai mare uşurinţă. Toate operaţiile la maşină sînt astfel uşurate la maximum, singura operaţie manuală fiind strîngerea cu cheia de mînă a cofrajului în tamburi.

Acţionarea rolelor se face de la un ax comun prin axe cardanice. In felul acesta rolele se vor putea învîrti indiferent de poziţia furcilor basculante.

Procesul tehnologic al fabricării stîlpilor de beton armat centrifugat

Teritoriul fabricii. La amenajarea teritoriului fabricii de stîlpi centrifugaţi şi organizarea fluxului tehnologic, trebuie să se ţină seama de particularităţile acesteia faţă de celelalte întreprinderi de prefabricate de beton armat vibrat.

In întreg complexul fabricii se pot distinge :

Zona depozitelor, unde sînt grupate :

— depozitul de agregate şi de fierărie (în aer liber) ;

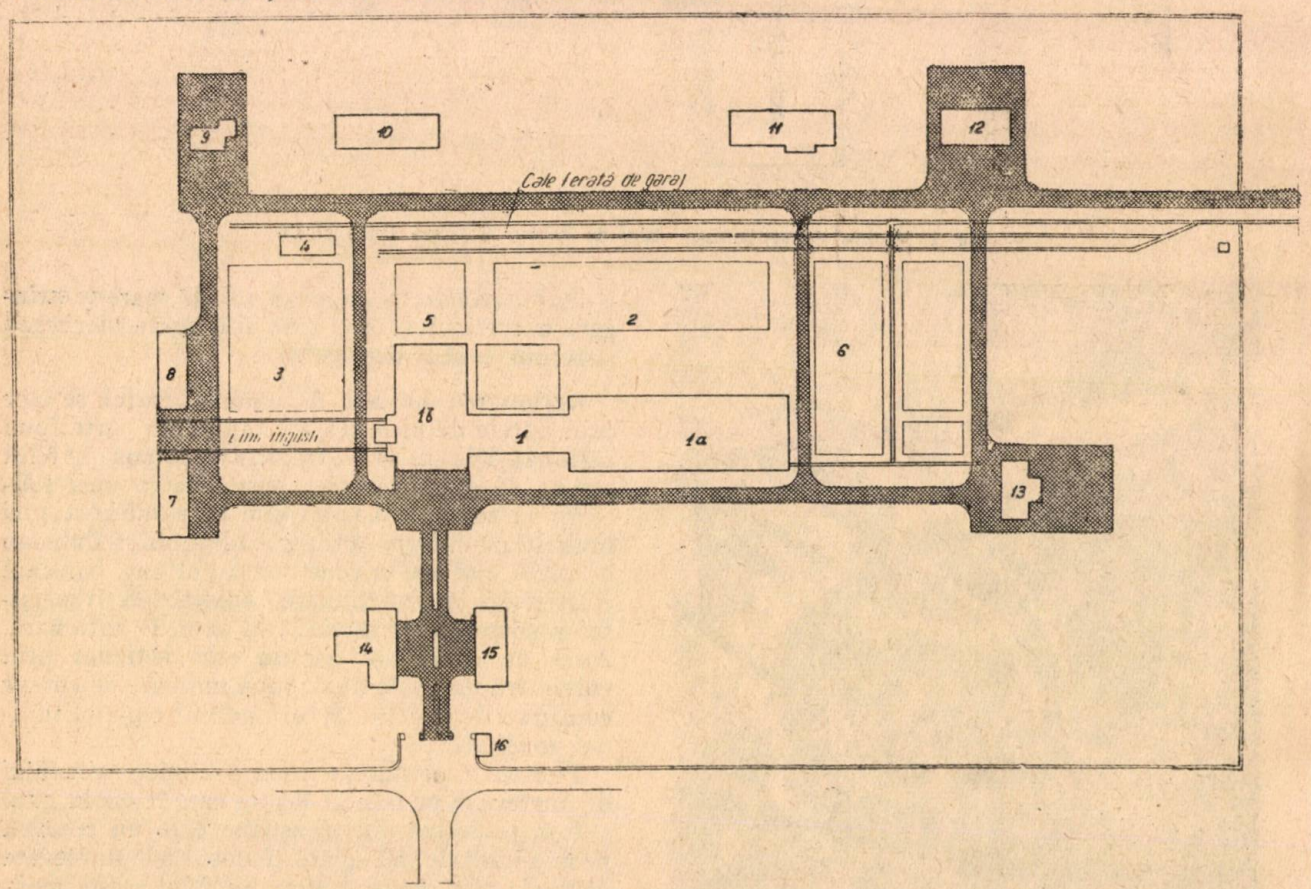


Fig. 3. Organizarea teritoriului unei fabrici de stîlpi de beton armat centrifugat :

1 — halele principale de fabricaţie ; *1a* — hala pentru fabricarea stîlpilor centrifugaţi ; *1b* — hala pentru fabricarea pieselor din beton vibrat ; *2* — depozit de oţel — beton ; *3* — arie pentru depozitarea şi condiţionarea agregatelor ; *4* — magazie ciment ; *5* — depozit de piese finite vibrate ; *6* — depozit de piese finite centrifugate ; *7* — magazie de cofraje de inventar ; *8* — depozit de carcase ; *9* — post de transformare ; *10*, *11* — ateliere ; *12* — garaje, remize ; *13* — centrala termică ; *14* — grup administrativ, social ; *15* — laborator ; *16* — casa portar.

— magazia de ciment;
— depozitele de produse finite (piese centrifugate şi piese vibrate);
— magaziile pentru carcase de armătură şi pentru cofraje.

Zona de fabricaţie care include clădirea principală a complexului adăposteşte atelierul de piese centrifugate, atelierul de piese vibrate şi fabrica de beton.

Zona instalaţiilor auxiliare. Pentru deservirea fabricii şi asigurarea unor condiţii de exploatare corespunzătoare se prevăd:
— atelier mecanic pentru confecţionarea pieselor metalice mărunte (piuliţe, ţevi) din componerea stîlpilor, a cofrajelor metalice pentru piesele vibrate, precum şi pentru întreţinerea acestora;
— atelier de tîmplărie pentru cofraje de piese vibrate;
— centrală termică pentru producerea de abur necesar tratării betonului şi pentru încălzire;
— instalaţie de forţă;
— instalaţii pentru încercarea stîlpilor;
— laborator pentru studii şi încercări de betoane.

Zona administrativă care cuprinde pavilionul administrativ, birourile, cluburile, garajele etc.

Fabricarea pieselor centrifugate. *Armăturile* stîlpilor se execută din oţel beton OL 38 pentru suporţi de linii de joasă tensiune şi din oţel beton OL 50 sau mai bun pentru suporţi de linii de înaltă tensiune.

Armătura stîlpilor se compune în general dintr-o carcasă metalică tronconică sau cilindrică alcătuită din bare longitudinale de oţel beton sudate pe inele interioare de fier lat şi fretate la exterior cu 2 frete în sens opus.

Confecţionarea carcaselor se face într-un atelier special unde se află bancuri de două tipuri: un tip de banc pentru confecţionat carcase cilindrice şi altul pentru confecţionat carcase tronconice.

Pe bancul de lucru se aşază 2 bare la distanţa prevăzută în proiect. Peste ele se sudează inelele din 50 în 50 cm. După sudarea barelor de inele, carcasele se ridică cu macaraua şi se aşază pe 3—4 capre pentru operaţia de fretare.

Controlul armăturilor stîlpilor se face începînd cu controlul calităţii oţelului beton prin probe de rupere şi apoi prin verificarea carcaselor care se etichetează cu tipul şi seria stîlpului.

Betonul folosit este de marca B 300 pentru stîlpii liniilor de joasă tensiune şi de marca B 400 sau mai mult pentru stîlpii liniilor de înaltă tensiune. Betonul se obţine din:
— ciment P 400 sau P 500;
— agregate 0,2—15 mm de carieră sau de rîu.

Prepararea betonului se face într-o instalaţie specială care se găseşte astfel aşezată încît să fabrice betonul atît pentru piesele centrifugate cît şi pentru cele vibrate.

Instalaţia pentru prepararea betonului este dotată cu 2 betoniere de 250 litri aşezate la înălţime. Agregatele şi cimentul, depozitate la un nivel superior betonierelor, în bunkere, ajung la betoniere prin cădere liberă trecînd prin dozatoare. Agregatele şi cimentul sînt aduse în bunkere cu ajutorul unui elevator.

Betonul preparat în betoniere cade în 2 bunkere mobile situate sub cupa betonierelor. Un bunker merge în hala fabricării stîlpilor, iar altul în hala pentru fabricarea pieselor vibrate.

Bunkerul mobil pentru stîlpi ajunge în hala de betonare a stîlpilor cu gura de golire deasupra cofrajului. Cu ajutorul vibratoarelor fixate la bunker şi la cofrajul stîlpului betonul se răstoarnă în cofraj pe care îl umple pe măsură ce bunkerul se deplasează în lungul stîlpului pe o linie îngustă.

O mare atenţie trebuie dată la cantitatea de beton introdusă în cofraj ca şi la repartiţia lui în lungul cofrajului, acestea determinînd grosimea peretelui de beton al stîlpului centrifugat.

Deoarece betoanele folosite sînt de calitate superioară (B400 pentru stîlpi şi B200 pentru piesele vibrate) trebuie organizat un control riguros atît al materialelor, cît şi al betonului preparat. Acesta este motivul pentru care este necesară existenţa unui laborator de betoane cît mai complect utilat.

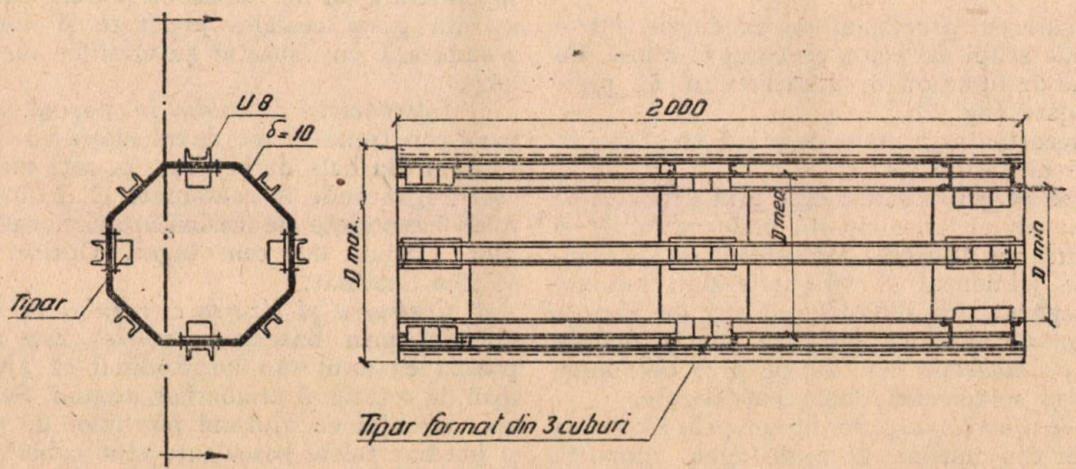


Fig. 4. Schelet metalic pentru prinderea cuburilor de luat probe de beton centrifugat.

Asupra agregatelor se face un control cît se poate de complect verificîndu-se umiditatea, părţile lavigabile, conţinutul de humus, volumul golurilor, sulfaţii şi granulometria. Din punct de vedere al granulometriei se admit numai agregate cu diametrul maxim de 15 mm situate în zona „foarte bun" a curbei.

Asupra cimentului şi betonului proaspăt se fac determinările prescrise pentru betoane superioare luîndu-se cuburi de probă din fiecare şarjă.

Ceea ce intervine în mod special, este luarea probelor de beton centrifugat, specifică la fabricarea stîlpilor de beton centrifugat.

Probele de beton centrifugat se iau sub formă de cuburi cu latura de 7,07 cm în tipare metalice şi astfel construite încît cu un tipar se pot lua trei probe deodată. Tiparele se fixează pe un schelet din fiare profilate astfel construit încît se poate fixa întocmai ca un cofraj de stîlp la maşina de centrifugat (fig. 4).

Intr-o secţiune transversală a scheletului se pot fixa 4 tipare a cîte trei cuburi. Tiparele sînt fixate astfel de schelet încît diametrul exterior al probelor coincide cu diametrul exterior al stîlpilor ce se execută. Tiparele se umplu cu beton şi se închid cu ajutorul unor capace metalice prin înşurubare. Scheletul se introduce în maşina de centrifugat, unde se centrifughează în aceleaşi condiţii ca şi stîlpul pentru care s-a luat proba. De asemeni, tratarea şi păstrarea ulterioară a cuburilor este similară cu a stîlpilor.

Cuburile astfel obţinute se supun la încercarea la rupere prin compresiune. Probe luate dintr-un beton cu marca B 400 şi centrifugate aşa cum s-a arătat dau după 28 zile de la confecţionare o rezistenţă de la 600 la 700 kg/cm^2 în funcţie de diametrul pe care sînt dispuse tiparele.

Procesul tehnologic de producţie

Desfăşurarea procesului de producţie într-o fabrică de stîlpi de beton centrifugat reiese din diagrama de funcţionare a atelierului de piese centrifugate (fig. 5).

Din această diagramă se desprind trei faze importante de fabricaţie :

Faza de pregătire care începe prin depozitarea tuturor materialelor, comportă prelucrarea lor şi se termină cu aducerea lor sub formă de semifabricate (cimentul şi agregatele dau betonul gata preparat, iar diferitele sorturi de fierărie dau carcasele metalice bune de pus în operă).

Faza de modelare care începe prin betonarea stîlpilor şi se termină după centrifugare.

Faza de condiţionare care începe prin scoaterea cofrajelor din maşina de centrifugat, comportă tratamentul ulterior al betonului şi se termină prin depozitarea stîlpilor fabricaţi pentru expediere.

In fig. 6 se vede un tip de hală de fabricaţie a stîlpilor centrifugaţi, iar în fig. 7 se vede procesul tehnologic în această fabrică.

Faza de pregătire. a) *Executarea armăturii şi transportul ei la hala de betonare.* Oţelul beton este sortat, întins şi tăiat la dimensiuni în gospodăria oţelului beton, unde se execută şi sudura electrică cap la cap a barelor longitudinale ale stîlpilor.

Barele astfel preparate sînt duse pe vagonete pe linia îngustă în atelierul de confecţionat carcase unde, aşa cum s-a arătat, se alcătuiesc carcasele stîlpilor şi ale pieselor vibrate.

b) *Pregătirea cofrajelor.* Cofrajele în care se execută stîlpii sînt metalice şi de o construcţie specială permiţînd închiderea etanşe şi o prindere lesnicioasă a lor în maşină.

Cofrajele sînt cilindrice sau tronconice, după forma stîlpului şi se pot desface în două, după două generatoare opuse. Cofrajele, înainte de a intra într-un nou ciclu, se curăţă bine de resturile de beton şi sînt aduse în hala de betonare unde se şterg bine şi apoi se ung la interior cu un strat subţire dintr-un amestec încălzit de colofoniu în motorină. După această pregătire, jumătatea inferioară a cofrajului este aşezată cu ajutorul podului rulant pe trenul de role din faţa maşinii de centrifugat.

c) *Aşezarea carcasei în cofraj.* Carcasa stîlpului este introdusă în cofraj unde este menţinută la o distanţă fixă de peretele cofrajului asigurîndu-se o acoperire uniformă de beton prin intermediul unei spirale de sîrmă subţire înfăşurată pe carcasă şi pe care se află turnate o serie de mărgele de beton de 1,5 × 1,5 × 1,5 cm.

Faza de modelare. a) *Umplerea cofrajului cu beton.* Betonul preparat la fabrica de beton este adus în hala de betonare cu ajutorul bunkerului mobil şi, aşa cum s-a arătat, este distribuit în cofraje pe toată lungimea jumătăţii inferioare a lui, care se găseşte aşezată pe rolele din faţa maşinii de centrifugat.

b) *Inchiderea cofrajului.* După ce întreaga cantitate de beton a fost distribuită în cofraj, partea superioară a lui este adusă cu podul rulant, este aşezată peste cealaltă jumătate şi ambele se asamblează cu ajutorul şuruburilor dispuse în lung.

c) *Introducerea cofrajului în maşină.* Se pune în mişcare trenul de role de translaţie care împinge cofrajul din hala de betonare în sala maşinii de centrifugat unde, în continuare, el înaintează pe rolele basculante ale maşinii în interiorul tamburilor maşinii de centrifugat. Oprirea rolelor se face automat.

d) *Centrarea şi fixarea cofrajului în maşină.* Cofrajul, prin bascularea rolelor, este adus în poziţia ca axul său longitudinal să ajungă în axul de rotaţie al tamburilor maşinii. Se strînge apoi cofrajul cu ajutorul pîrghiilor de prindere şi imediat rolele basculante sînt coborîte.

e) *Centrifugarea.* Tamburii maşinii încep să se învîrtească în primul minut cu 30—60 ture, apoi progresiv pînă la maximum 600—700 ture pe minut (după diametrul stîlpului), turaţie pe care o menţin pînă la sfîrşitul centrifugării (15—20 min). Turaţia maximă trebuie atinsă numai în ultimile minute de centrifugare cînd materialul este aşezat perfect omogen în interiorul cofrajului. O corectă creştere a vitezei în timpul

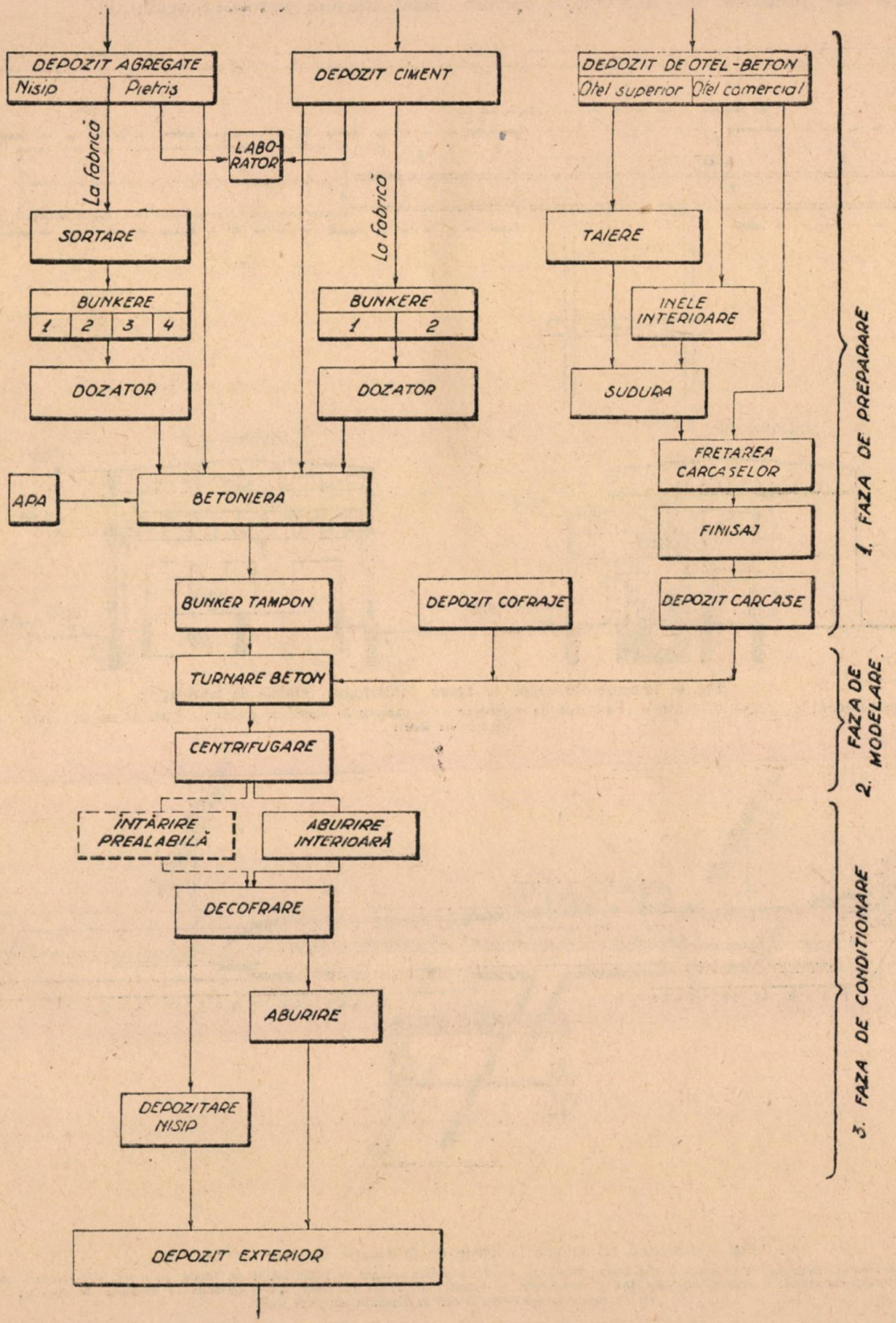


Fig. 5. Diagrama de funcţionare a atelierului de piese centrifugate.

centrifugării este indispensabilă pentru a se obține o producție bună și constantă și pentru a nu se uza prematur mașina. Odată stabilit în sus pînă vin din nou în contact cu cofrajul. Se desfac pîrghiile de prindere și cofrajul este lăsat din nou pe rolele basculante.

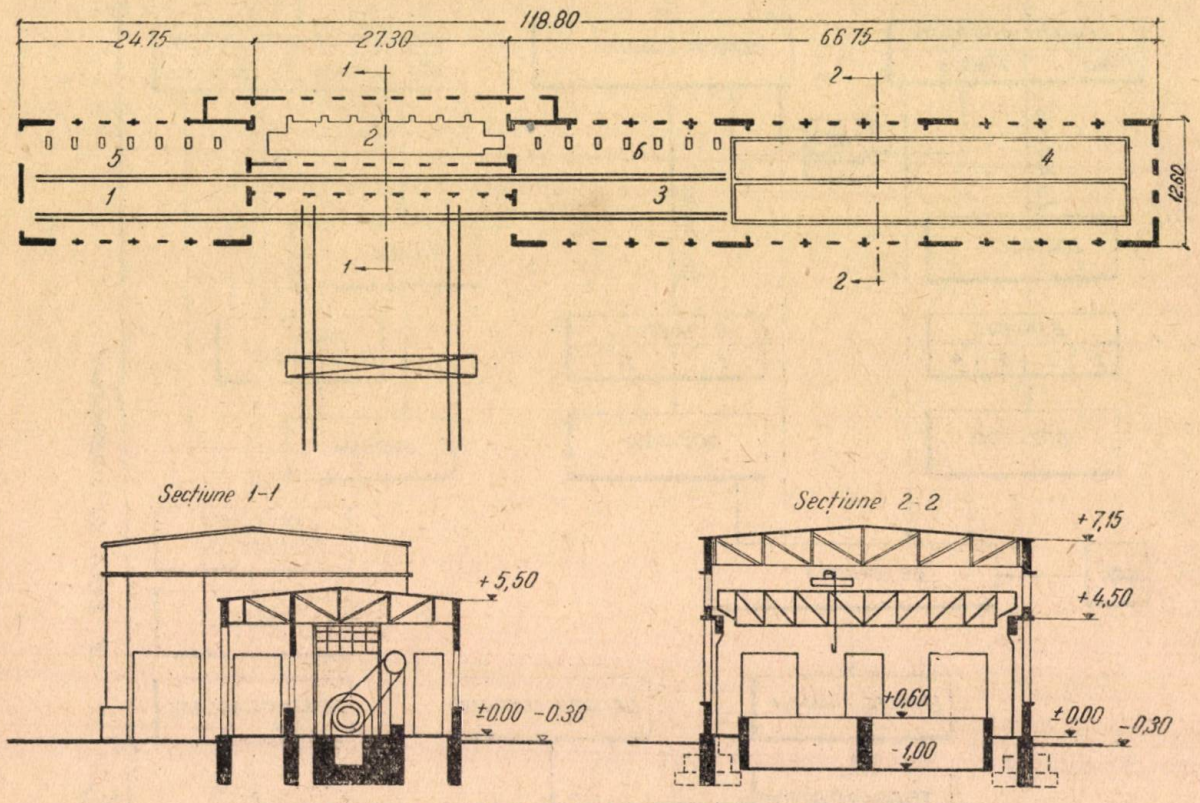


Fig. 6. Fabrică de stîlpi de beton centrifugat. Halele de fabricație:
1 — hala de betonare; *2* — mașina de centrifugat; *3* — hala de condiționare; *4* — bazinele de aburire a stîlpilor; *5* — tren de role de intrare; *6* — tren de role de ieșire.

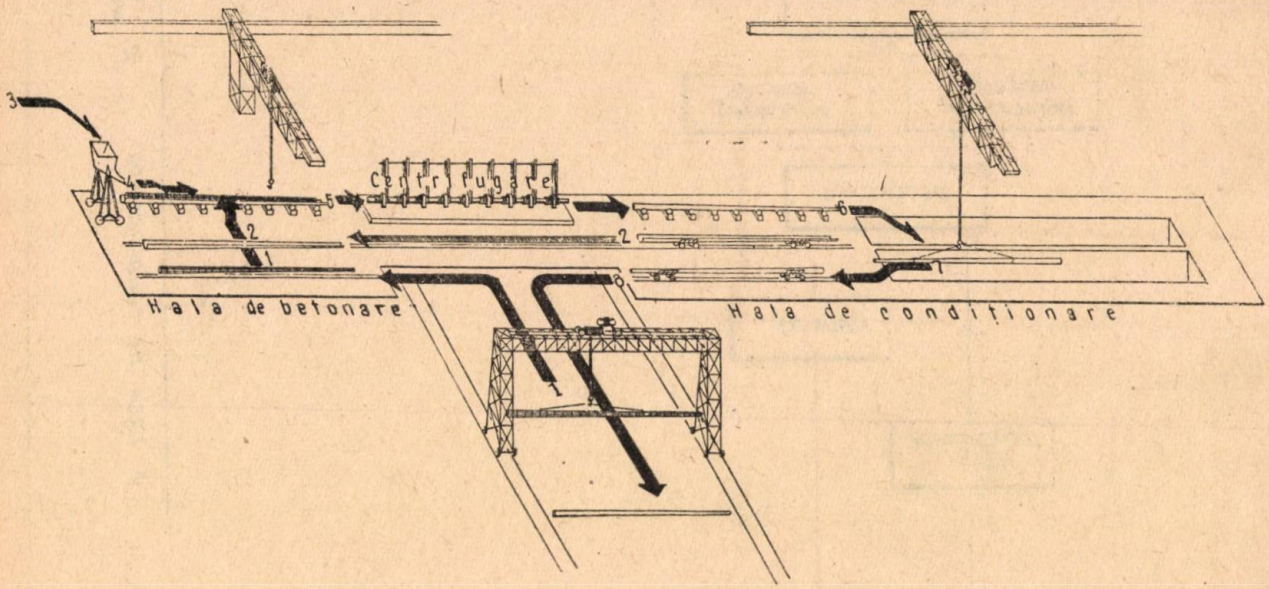


Fig. 7. Procesul tehnologic în halele de fabricație indicate în fig. 6.
1 — se aduce carcasa stîlpului din exterior; *2* — jumătatea inferioară a cofrajului este așezată cu podul rulant pe trenul de role; *3,4* — betonul curge din bunker în lungul cofrajului; *5* — cofrajul este introdus în centrifugă; *6* — cofrajul este scos din centrifugă și introdus în bazinele de aburire; *7* — stîlpul aburit este scos în exterior și dus în depozitul de piese finite.

experimental regimul optim de turație pentru fiecare tip de stîlp, acesta trebuie reprodus cu exactitate la fiecare operație de centrifugare.

Oprirea rotației tamburilor se face de asemenea progresiv, după care se ridică rolele basculante

Faza de condiționare. a) *Scoaterea cofrajului din mașina de centrifugat.* Rolele basculante se coboară pînă la nivelul trenului de role de ieșire (de la celălalt capăt al mașinii) și aflate în hala de condiționare prin punerea în mișcare a trenului

de role de translaţie. Cofrajul care conţine betonul centrifugat este adus în hala de aburire unde cu ajutorul podului rulant este luat şi depozitat în bazinele de aburire.

b) *Aburirea stîlpilor.* Stîlpii se supun unui tratament de aburire care grăbeşte întărirea betonului. Aburirea se face folosind două metode. In prima metodă, stîlpii aduşi în cofraj şi depozitaţi în bazinele de aburire sînt lăsaţi între 12 şi 24 ore — după care interval stîlpul este scos din cofraj şi lăsat în bazin unde se supune aburirii după sistemul obişnuit prefabricatelor de beton.

Deoarece prin această metodă cofrajul unui stîlp rămînea imobilizat între 12 şi 24 ore s-a recurs la o altă metodă mai rapidă. Prin această metodă aburul este introdus în interiorul cofrajului imediat după centrifugare prin intermediul unui furtun de cauciuc mobil. După 2—4 ore de tratament cu abur se poate face decofrarea. Cofrajul este repus în circulaţie şi stîlpul rămîne în bazin unde continuă aburirea.

Tipuri de suporţi pentru linii. Pînă în prezent s-au proiectat şi realizat pentru prima oară în ţara noastră o serie de linii de transport de energie electrică folosind drept suporţi stîlpi din beton armat centrifugat.

Astfel, s-au realizat suporţi pentru reţelele electrice de joasă tensiune, pentru linii de 6 kV, 15 kV, 35 kV simplu circuit şi sînt în curs de execuţie suporţi pentru linii de 110 kV (simplu circuit) şi 35 kV (dublu circuit).

In cele ce urmează vom descrie cîteva din tipurile de suporţi întrebuinţaţi pentru fiecare din liniile arătate mai sus.

Reţele electrice de joasă tensiune. Pentru reţelele electrice de joasă tensiune s-au realizat stîlpi cu lungimea de 10—11 m, de formă tronconică, cu diametrul la bază 32 cm şi la vîrf 21 cm.

Grosimea peretelui este de 6 cm la bază şi 5 cm la vîrf. S-a folosit un beton cu marca B 300 şi oţel beton OL 38. Stîlpul se plantează în pămînt pe o adîncime de 1,80 m fiind fixat prin burare cu piatră spartă, fără fundaţii speciale din beton.

Linii de 35 kV, cu simplu circuit. Tipurile de suporţi utilizate pentru liniile de 35 kV au fost alese ţinîndu-se seama de condiţiile existente în 1952, cînd au fost pentru prima oară realizate. In primul rînd, a trebuit să se ţină seama de posibilităţile oferite de maşina de centrifugat existentă la acea dată.

SPECIFICAŢIE

Beton centrifugat	= 0,385 m³
Oţel beton	= 102 kg.
Greut. totală	= 1 000 kg.

Fig. 8. Suport pentru linii de joasă tensiune.

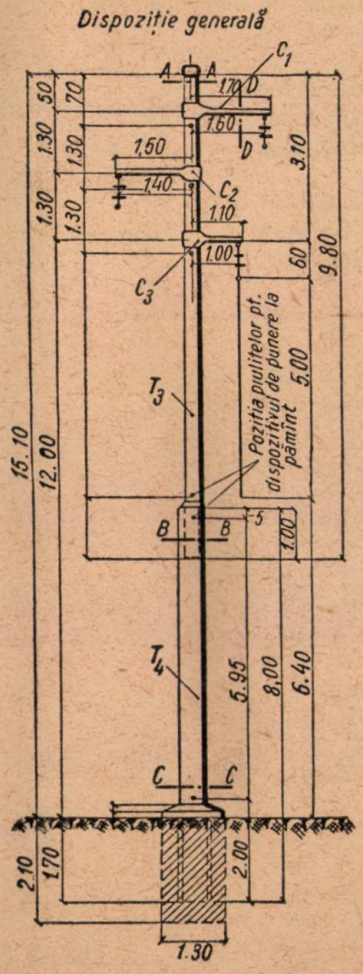
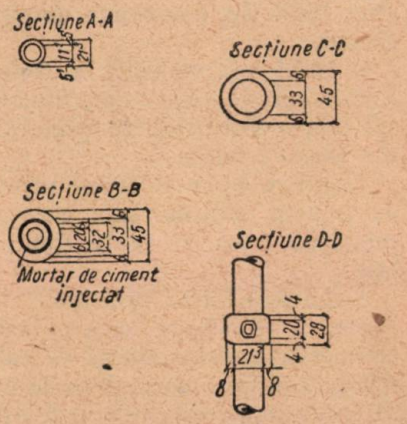


Fig. 9. Suport de susţinere pentru linii de 35 kV.



Element		Beton			Oţel greutate kg		
		Marca	Vol. m³	Greut. kg.	OL 38	OL 52	Total
Stîlp GC 11 m	Tronson T_4	B 400	5,36	950	30,00	170	200
	Tronson T_3	B 400	0,59	1550	50.00	200	250
	Consola C_1	B 200	0-050	125	12,74		~ 15
	Consola C_2	B 200	0,045	110	12,25		~ 15
	Consola C_3	B 200	0,040	100	8.33		~ 10
	Total			~2900	~110,00	~30	~ 490
	Fundaţie	B 70	3,30	—	—	—	—

Astfel nu se puteau realiza în instalaţiile existente decît stîlpi cu lungimea maximă de 11 m şi cu diametrul cel mult 45 cm*).

Ca suporţi de susţinere pentru liniile de 35 kV au fost concepuţi stîlpi din două tronsoane centrifugate, asamblate telescopic.

Mai jos vom da caracteristicile unui asemenea tip de suport fără fir de protecţie. Inălţimea totală este de 16,80 m din care 15,10

*) Prima linie de 35 kV proiectată de colectivul ing. W. Marian, ing. N. Mudric şi ing. M. Cohn.

m deasupra solului, restul de 1,70 fiind încastrat în fundaţie.

Asamblarea celor două tronsoane s-a realizat prin introducerea tronsonului superior în tronsonul inferior pe o adîncime de 1,00 m, interspaţiul dintre ele fiind umplut cu mortar de ciment îndesat. Cele trei console, lungi de 1,70, 1,50 şi 1,10 m sînt realizate din prefabricate

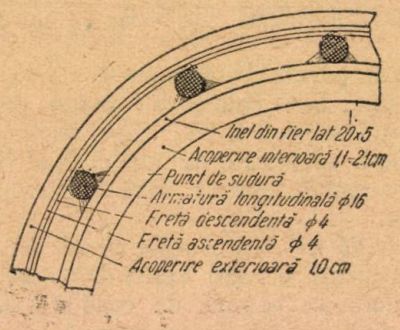


Fig. 10. Detaliu de armare a unui stîlp de beton armat centrifugat.

de beton armat vibrat şi sînt prinse de stîlp prin cuprinderea lui, interspaţiul între consolă şi stîlp fiind de asemenea umplut cu mortar de ciment.

O problemă specială la proiectarea consolelor a constituit armarea, dată fiind forma lor cu totul specială neîntîlnită în prefabricatele obişnuite din beton armat.

Tronsoanele ce alcătuesc suportul au un sistem de armare caracteristic care s-a întrebuinţat principial apoi la toate tipurile de stîlpi realizaţi.

Astfel armătura principală de rezistenţă este alcătuită din bare longitudinale de oţel beton de lungimea determinată de calcul. Aceste bare sînt sudate pe o serie de inele interioare din oţel 20 × 5 mm aşezate în lungul stîlpului la distanţe egale de 50 cm între ele. In acest fel armătura de rezistenţă formează o carcasă robustă. In exterior, în jurul barelor longitudinale, s-au prevăzut două frete, una ascendentă şi alta descendentă.

Acoperirea de beton a armăturilor înspre exterior este de 1 cm, considerată ca suficientă datorită calităţii superioare a betonului realizat şi faptului că prin centrifugare se obţine la suprafaţa exterioară a stîlpului o pojghiţă foarte densă, o adevărată glazură.

Suportul de susţinere (dispoziţia fără fir de protecţie) are următoarele caracteristici:

Tronsonul superior (T_3)

Forma tronconică:		
Lungimea	9,80	m
Diametrul exterior, la bază	32	cm
Diametrul exterior la vîrf	21,3	cm
Grosimea peretelui la bază	6	cm
Grosimea peretelui la vîrf	5	cm

Tronsonul inferior (T_4)

Forma cilindrică:		
Lungimea	8,00	m
Diametrul exterior	45	cm
Grosimea peretelui	6	cm

Betonul întrebuinţat are marca B 400 pentru stîlpi şi B 200 pentru console, iar armarea longitudinală a stîlpilor s-a făcut cu oţel beton OL 52, armarea consolelor făcîndu-se cu oţel beton OL 38.

La realizarea suportului de susţinere s-a utilizat:

Beton centrifugat	0,950 m³
Beton vibrat	0,135 m³
Oţel beton OL 52	370 kg
Oţel beton OL 38	120 kg

Un suport de susţinere pentru linii de 35 kV (de tipul SC 3 m) gata montat cîntăreşte 2 900 kg.

Suporţii de întindere şi colţ s-au realizat din doi stîlpi compuşi prin telescopare şi care au fost asamblaţi prin intermediul unor piese prefabricate din beton armat vibrat în formă de ochelari, denumite bride.

Datorită acestor piese de asamblare, cei 2 montanţi ai suportului lucrează cu o secţiune unitară. Pentru uşurinţa execuţiei şi mai ales a montajului pe teren, cei doi montanţi ce alcătuiesc suportul „jumelat" de întindere sînt aceiaşi stîlpi ce alcătuiesc suporţii de susţinere.

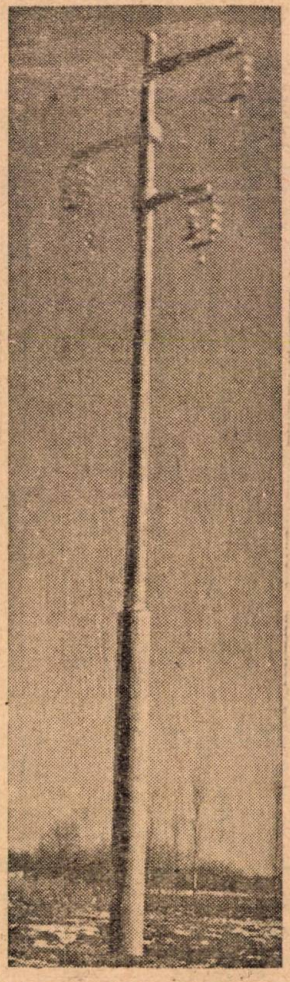


Fig. 11. Suport de susţinere pentru linii de 35 kV.

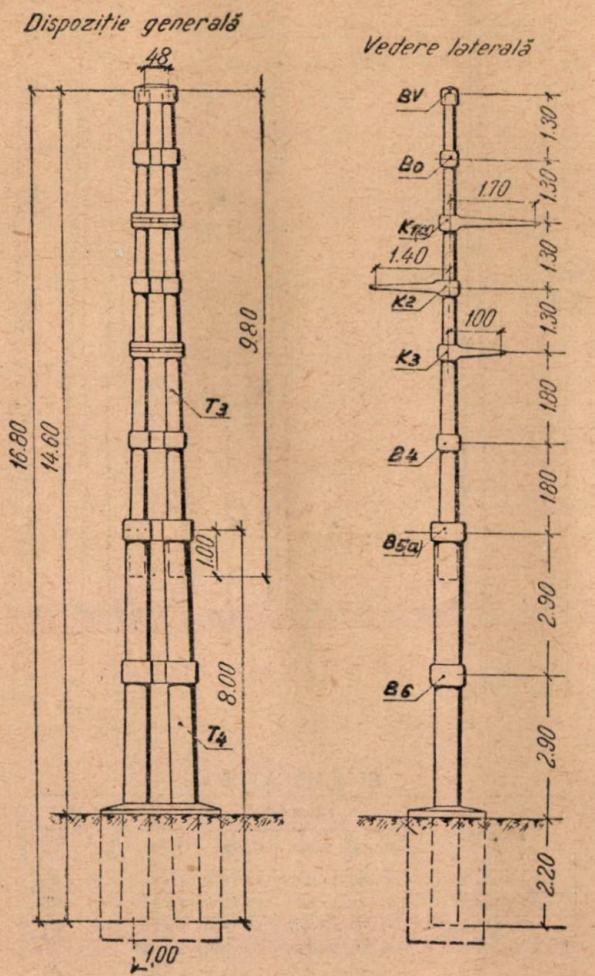
Consolele din prefabricate de beton armat sînt de formă corespunzătoare, au în acelaşi timp şi

rolul de bride deoarece solidarizează cei doi montanți.

Atît bridele, cît și consolele se prind de stîlpi cu ajutorul mortarului de ciment ce se introduce în interspații.

La realizarea suportului de întindere (dispoziție cu fir de protecție) s-au utilizat :

Beton centrifugat	1,900 m³
Beton vibrat	0,950 m³
Oțel beton OL 52	655 kg
Oțel beton OLX 38	442 kg
Suportul gata montat cîntărește în total .	7 500 kg.



SPECIFICAȚIE

Element		Beton m³			Oțel kg.		
		Marca	Volum	Greut.	OL 38	OL × 52	Total
Stîlp de întindere SC 24 (a)	Tronson T 3 (2 buc.)	B 400	0,720	1900	85	335	420
	Tronson T 4 (2 buc.)	B 400	1,180	3100	120	290	410
	Consola K 1 (a)	B 200	0,120	330	45	—	45
	Consola K 2	B 200	0,110	300	40	—	40
	Consola K 3	B 200	0,100	270	40	—	40
	Brida B 0	B 200	0,085	200	20	—	20
	Brida B 4	B 200	0,090	240	25	—	25
	Brida B 5 (a)	B 200	0,180	480	26,7	—	26,7
	Brida B 6	B 200	0,180	490	30,3	—	30,3
	Brida vîrfar BV	B 200	0,085	200	10,5	—	10,5
	Total	—	2,85	7510	442,2	655	1067,2

Fig. 12. Suport de întindere pentru linii de 35 kV (cu fir de protecție)

Suportul de întindere s-a dispus pe traseul liniei astfel ca cei doi montanți să fie așezați în lungul liniei, dat fiind că solicitarea pe această direcție este mai mare.

Suporții de colț sînt tot de tipul jumelat și sînt asemănători cu cei de întindere.

Datorită însă faptului că solicitarea maximă este pe direcția bisectoare unghiului aliniamentelor, cei doi montanți s-au dispus pe această direcție astfel ca să se realizeze un moment de inerție maxim.

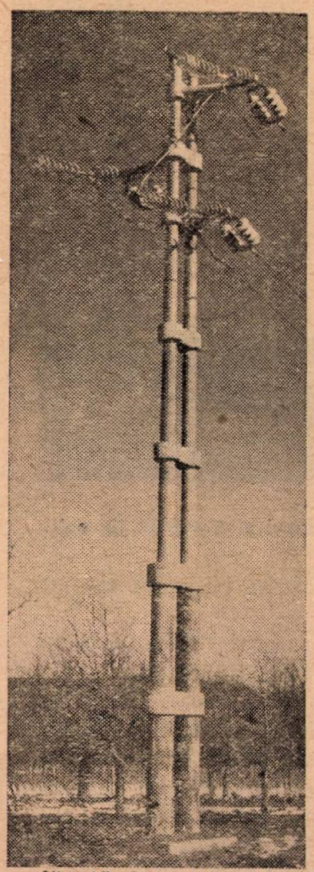


Fig. 13. Suport de întindere pentru liniile de 35 kV.

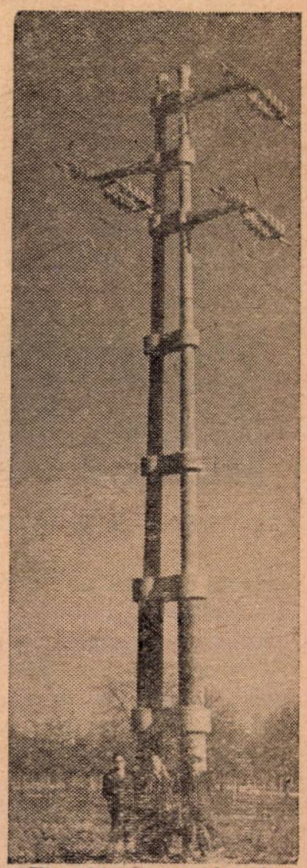


Fig. 14. Suport de colț pentru linii de 35 kV.

Diferența față de suportul de întindere o constituie numai consolele care au orientarea corespunzătoare poziției pe traseu.

Cantitățile de materiale cît și caracteristicile generale sînt asemănătoare cu cele de la stîlpul de întindere.

Fundațiile suporților constau din blocuri de beton simplu marca B 70 de tip „pahar". Ele se toarnă direct în pămînt fără cofraj, lăsîndu-se goluri circulare unde ulterior se introduc stîlpii care se fixează apoi prin turnarea de beton bine îndesat.

Pentru un teren de rezistență admisibilă medie (1,0—1,5 kg/cm²) s-au folosit următoarele fundații :

La suportul de susținere :

— adîncimea fundației	2,10 m
— volumul fundației (B 70)	3,00 m³.

La suportul de întindere şi colţ:

— adîncimea fundaţiei . . . . . 2,60 m
— volumul fundaţiei (B 70) . . . . . 8,50 m³

In momentul de faţă se proiectează şi urmează a se executa pentru linii de 35 kV suporţi dintr-o

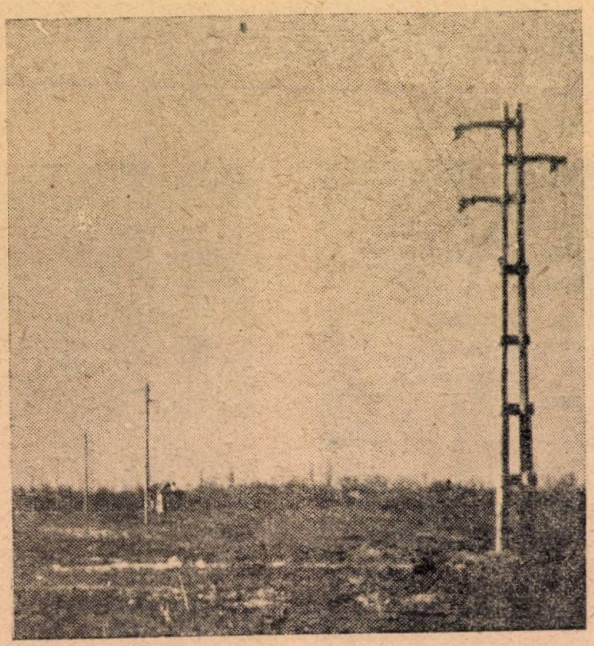


Fig. 15. Linie de 35 kV. In primul plan suport de colţ.

singură bucată ce se vor fabrica cu noua maşină de centrifugat.

Odată cu apariţia acestor noi tipuri de suporţi, se va continua în paralel utilizarea tipurilor din stîlpi asamblaţi descrise mai sus care, pe lîngă avantajele obişnuite oferite de suporţii de beton centrifugat, prezintă o mare uşurinţă la transport. In special, vor continua să fie aplicate tipurile descrise mai sus la liniile din regiuni accidentate.

Posibilităţile variate oferite de stîlpii de beton armat centrifugat descrişi mai sus a făcut posibilă folosirea acestora la o linie de 35 kV lungă de 40 km într-o regiune cu un relief foarte frămîntat. Ivindu-se şi necesitatea unor stîlpi cu o înălţime mult mai mare decît oferea vechea maşină de centrifugat s-au proiectat şi realizat suporţi de întindere sau colţ de tip portal pentru anumite poziţii grele ale traseului, în restul traseului folosindu-se tipurile obişnuite.

Un suport de întindere de tip special este cel din fig. 16, care este alcătuit din două perechi de stîlpi jumelaţi din beton armat centrifugat legaţi la partea superioară printr-o traversă din beton armat vibrat formînd un portal.

Acest tip de suport a permis crearea unor deschideri de 250 m.

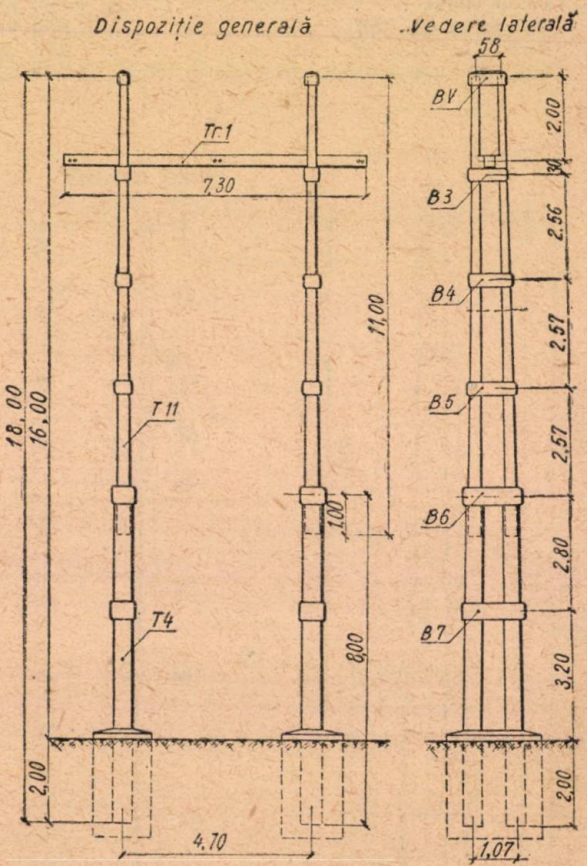
La realizarea unui asemenea suport s-a utilizat :

Beton centrifugat . . . . . 3,960 m³
Beton vibrat . . . . . 2,076 m³
Oţel beton OLX 52. . . . . 1 512 kg
Oţel beton OL 38 . . . . . 822 kg
Suportul gata montat cîntăreşte . . . . . 15 000 kg

Analog s-a proiectat şi executat un tip de suport de colţ.

De observat că pentru crearea unei rigidităţi cît mai mari pe direcţia rezultantei solicitărilor cei patru stîlpi ce alcătuiesc suportul sînt dispuşi în linie după bisectoarea unghiului.

Caracteristicile unui asemenea suport sînt asemănătoare cu cele ale stîlpului de întindere.



SPECIFICAŢIE

	Element	Beton m³			Oţel kg.		
		Marca	Volum	Greut.	OL 38	OL × 52	Total
Portal de întindere SC 25	Tronson T 11	B 400	4×0,400	4×1060	4×43	4×183	904
	Tronson T 4	B 400	4×0,59	4×1530	4×60	4×195	1020
	Brida vîrfar BV	B 200	2×0,07	2× 200	1×11	—	22
	Brida B 3	B 200	2×0,85	2× 200	2×23	—	46
	Brida B 4	B 200	2×0,090	2× 240	2×25	—	50
	Brida B 5	B 200	2×0,095	2× 280	2×25	—	50
	Brida B 6	B 200	2×0,180	2× 490	2×30	—	60
	Brida B 7	B 200	2×0,190	2× 515	2×30	—	60
	Traversa Tr. 1	B 200	0,656	1640	125,0	—	125
	Total	—	6,036	15,85	822	1512	2337

Fig. 16. Suport portal de întindere pentru linii de 35 kV.

Linii de 6 şi 15 kV. Pentru liniile de 6 şi 15 kV se utilizează tipuri identice de suporţi.

Suporţii de susţinere sînt alcătuiţi din stîlpi de beton armat centrifugat lungi de 11 m, care intră în pămînt pe o adîncime de 1,60 m. Diametrul exterior la bază este de 32 cm şi la vîrf 20 cm, grosimea peretelui fiind de 6 cm la bază şi 5 cm la vîrf. Suportul este echipat cu izolatori rigizi ce se montează pe suporţi curbi STAS fixaţi pe stîlpi cu piuliţe. Pentru montarea

suporţilor curbi se prevăd în stîlpi, încă de la centrifugare, ţevi de dimensiuni corespunzătoare.

Suporţii de întindere sînt alcătuiţi din două tronsoane asamblate telescopic. Tronsonul inferior, lung de 6,00 m, de formă cilindrică, cu diametrul exterior de 45 cm şi grosimea peretelui de beton 6 cm, iar tronsonul superior lung de 6,00 m, de formă tronconică, cu diametrul jos de 32 cm şi la vîrf 25 cm, avînd grosimea peretelui de beton 6 cm jos şi 5 cm la vîrf.

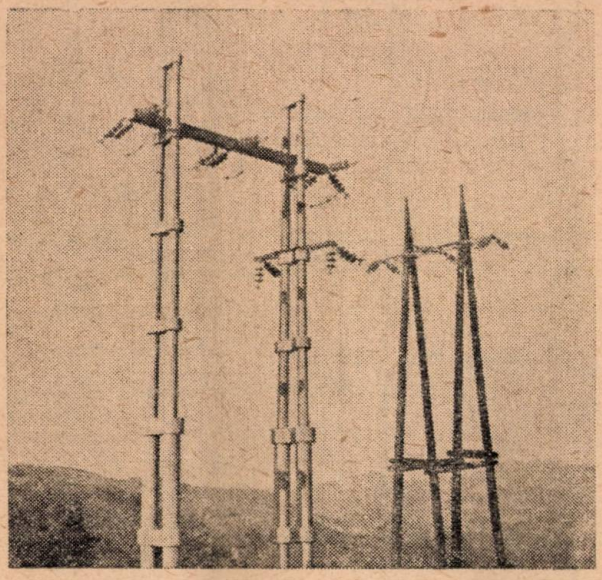


Fig. 7. Suport portal de întindere pentru linii de 35 kV

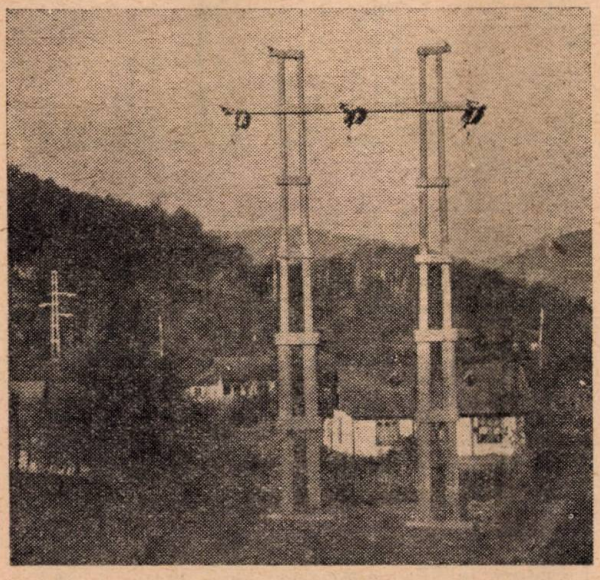
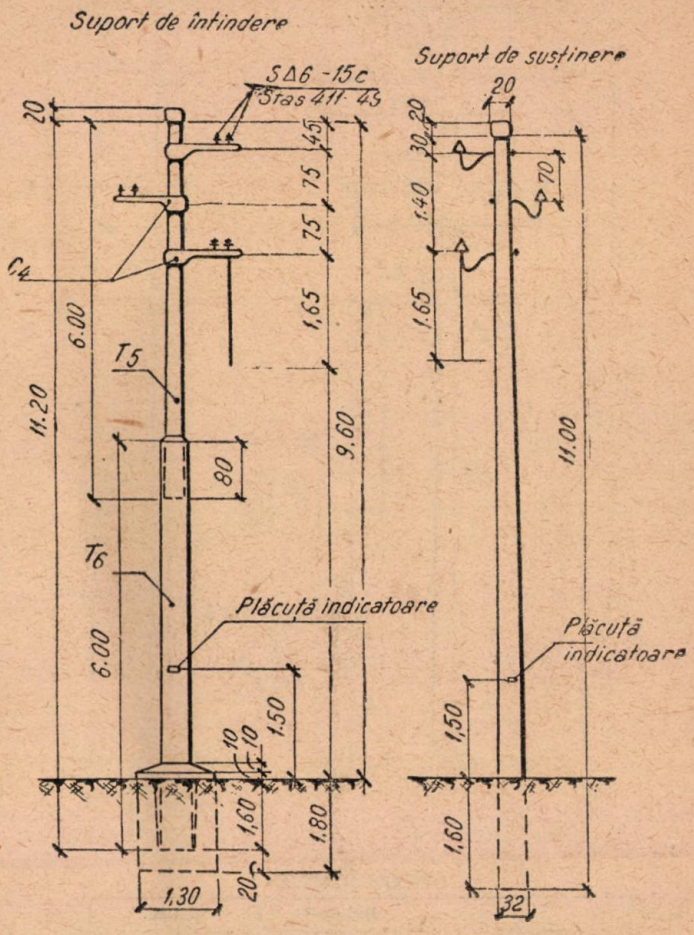


Fig. 18. Suport portal de colţ pentru linii de 35 kV.

Liniile de 35 kV cu dublu circuit. Deşi se considera că pentru liniile de 35 kV cu dublu circuit utilizarea suporţilor din beton armat ar fi greu de aplicat din cauza solicitărilor foarte mari, s-a reuşit să se pună la punct proiectul primei linii de acest fel cu stîlpi de beton armat centrifugat *.)

*) Proiectanţi: ing. W. Marian, ing. N. Mudric, ing. Al. Vaicum şi ing. Eug. Bolki.

Datorită solicitărilor mari, la această linie stîlpii de colţ nu au putut fi realizaţi din beton, ei fiind proiectaţi din metal. Prin soluţia aleasă s-au obţinut însemnate economii de investiţii şi materiale.



Element	Beton m³			Oţel kg.		
	Marca	Volum	Greut.	OL 38	OL × 52	Total
Tronson T 5	B 400	0,260	700	30,0	107	137
Tronsan T 6	B 400	0,440	1200	41,0	143	184
Consola	B 200	0,031	80	8,6	—	8,6
Vîrfarul	B 200	0,019	50	0,4	—	0,4
Total	—	—	2030	80,0	250	330,0
Fundaţia	B 70	3.00	—			

Vol. bet. = 0,39 m³
Greutate = ~1000 kg
Consum oţel = 130 kg

Fig. 19. Suporţi de susţinere şi întindere pentru linii de 6 — 15 kV.

Suporţii de susţinere sînt alcătuiţi din stîlpi înalţi de 20 m dintr-o singură bucată avînd înălţimea liberă de la sol de 18,20 m. Distanţa normală între suporţi este de 130 m.

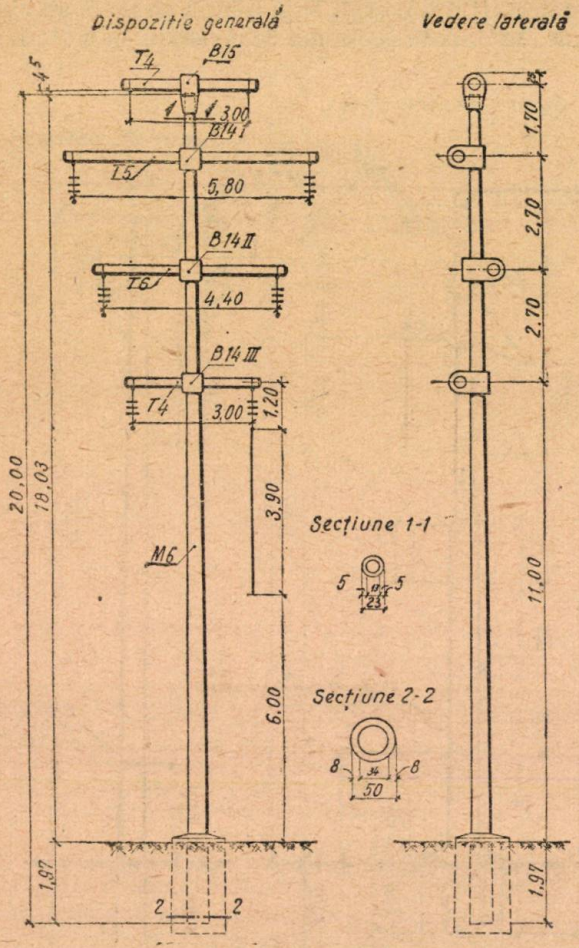
Stîlpul este de formă tronconică, cu diametrul exterior la bază de 53 cm şi la vîrf de 23 cm (conicitatea 1,5%).

Grosimea peretelui variază între 8 cm la bază şi 5 cm la vîrf.

Consolele în număr de 4, din care 3 pentru cei 6 conductori activi şi a patra pentru cele două fire de protecţie, sînt de asemenea din beton armat centrifugat. Ele au forma cilindrică cu diametrul exterior 25 cm şi lungimea variind între 3,00

și 5,80 m fiind dispuse în forma „brad întors".

Legătura consolelor cu stîlpul se face cu ajutorul unor piese de asamblare prefabricate executate din beton armat vibrat. Fixarea între stîlpi, bride și console se face în modul obișnuit cu mortar de ciment îndesat.



SPECIFICAȚIE

	Element	Beton m³			Oțel kg.		
		Marca	Volum	Greut.	OL 38	OL × 52	Total kg.
Stîlp SC 108	Montant M 6	B 400	1,270	3400	140	600	740
	Traversa T 4 (2 buc.)	B 400	0,200	430	60	—	60
	Traversa T 5	B 400	0,189	500	108	—	108
	Traversa T 6	B 400	0,145	385	12	—	62
	Brida B 14 I	B 200	0,150	400	50	—	50
	Brida B 14 II	B 200	0,150	400	35	—	35
	Brida B 14 III	B 200	0,150	400	36	—	36
	Brida B 15	B 200	0,100	265	31	—	31
	Total	—	2,354	6270	522	600	1122

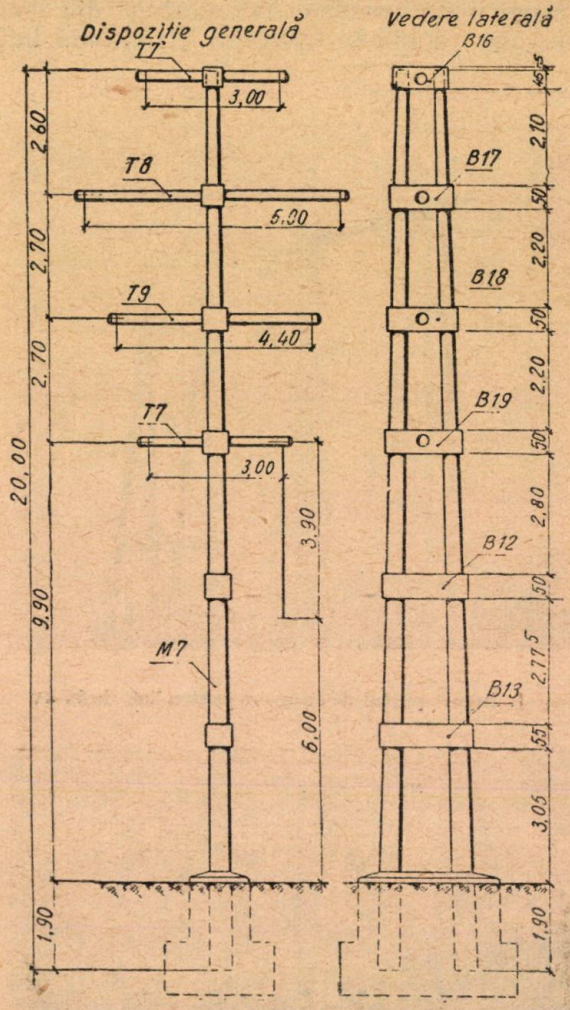
Fig. 20. Suport de susținere pentru linii de 35 kV cu dublu circuit.

Caracteristica acestui tip de suport este aceea că betonul centrifugat se găsește în cantitate preponderentă (77% din întreaga cantitate de beton), adică se asigură o calitate superioară a betonului întregului suport.

Un suport de susținere pentru linii de 35 kV cu dublu circuit se compune din :

Beton centrifugat	1,800 m³
Beton vibrat	0,550 m³
Oțel beton OLX 52	600 kg
Oțel beton OL 38	522 kg
Greutatea totală a suportului este de	**6 200 kg**

Suporții de întindere sînt alcătuiți din montanți formați din cîte doi stîlpi jumelați de tipul asemănător celor de susținere. Asamblarea celor doi stîlpi se face în mod similar ca și la stîlpii jumelați cu simplu circuit, adică cu bride în formă de ochelari din prefabricate de beton vibrat. Un număr de 4 bride au și rolul de a susține cele 4 console care sînt de asemenea din beton armat centrifugat.



SFECICAȚIE

	Element	Beton m³			Oțel kg.		
		Marca	Volum	Greut.	OL 38	OL × 52	Total kg.
Stîlp SC 109	Montant M7 (2 buc.)	B 400	2,54	6800	280	1200	1480
	Traversa T7 (2 buc.)	B 400	0,216	572	51	—	51
	Traversa T 8	B 400	0,197	520	16	110	126
	Traversa T 9	B 400	0,150	400	13	89	102
	Brida B 16	B 200	0,200	530	42	—	42
	Brida B 17	B 200	0,280	740	58	-	58
	Brida B 18	B 200	0,290	770	67	—	67
	Brida B 19	B 200	0,300	800	71	—	71
	Brida B 12	B 200	0,245	650	69	—	69
	Brida B 13	B 200	0,340	900	78	—	78
	Total	—	4500	12700	750	1400	2150

Fig. 21. Suport de întindere pentru linii de 35 kV cu dublu circuit.

La proiectarea suporților pentru liniile de 35 kV cu dublu circuit au apărut probleme speciale de calcul datorită faptului că lungimea mare a consolelor (cea mai mare de 2,90 m într-o parte), a făcut să apară solicitări importante la torsiune.

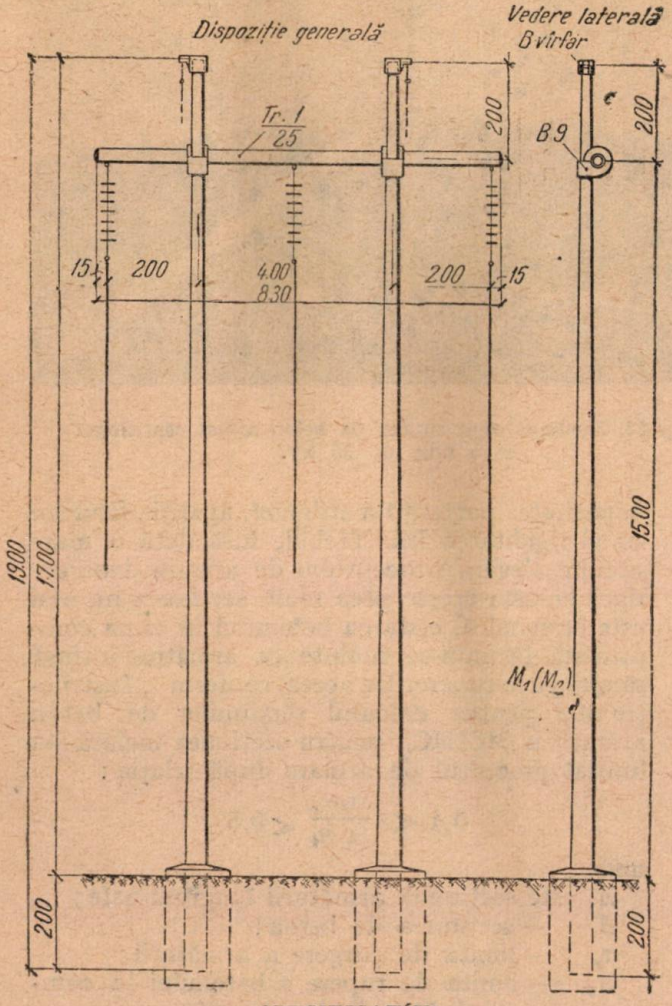
Un suport de întindere pentru linii de 35 kV cu dublu circuit se compune din :

Beton centrifugat	3,103 m³
Beton vibrat	1,655 m³
Oţel beton OL 52	1 400 kg
Oţel beton OL 38	750 kg
Greutatea totală a unui suport revine la	12 700 kg

Linii de 110 kV cu simplu circuit. S-a proiectat, iar în cursul anului 1955 se va executa prima linie de 110 kV cu simplu circuit pe suporţi din beton armat centrifugat.

Suporţii sînt de tipul portal alcătuit din montanţi şi traverse din beton armat centrifugat *).

Suporţii de susţinere au montanţi alcătuiţi din cîte un stîlp tronconic lung de 19,00 m cu diametrul la bază de 51,5 cm şi la vîrf de 23 cm, grosimea peretelui variabil între 8 şi 5 cm. Cei doi montanţi se găsesc la distanţa de 4,00 m şi au la partea superioară o traversă din beton centrifugat de formă cilindrică cu diametrul exterior de 25 cm.



SPECIFICAŢIE

	Element	Beton m³			Oţel kg.		
		Marca	Volum	Greut.	OL 30	OL × 52	Total kg
Portal susţinere	Montant M_1 (M_2) 2 buc.	B 400	2,400	6500	168	790	958
	Traversa Tr. 1	B 400	0,270	750	22	105	127
	Brida vîrfar	B 200	0,012	30	5	—	5
	Brida B 9	B 200	0,100	650	31	—	31
	Total	—	2782	7900	226	895	1121

Fig. 22. Suport de susţinere pentru linii de 110 kV.

*) Proiectanţi : ing. W. Marian, ing. N. Mudric, ing. M. Cohn, ing. Al. Vaicum şi ing. Eug. Bolki.

Faptul că linia este echipată şi cu conductori de protecţie ce se găsesc în vîrful fiecărui montant în poziţia prescrisă de norme (unghi de protecţie de 30°) a dat naştere la necesitatea conceperii unei bride de asamblare speciale care să permită montajul montanţilor pe rînd.

Un suport de susţinere pentru linii de 110 kV se compune din :

Beton centrifugat	2,670 m³
Beton vibrat	0,112 m³
Oţel beton OLX 52	895 kg
Oţel beton OL 38	226 kg
Greutatea totală a unui suport revine la	7 900 kg

Caracteristicile acestui tip de suport arată că betonul centrifugat reprezintă 96% din totalul de beton utilizat, asigurîndu-se prin proiectare o mai sigură calitate a betonului datorită calităţilor specifice ale betonului centrifugat.

* * *

Suporţii descrişi mai sus reprezintă unele tipuri aplicate pînă în prezent. In afara acestora s-au realizat şi se proiectează noi tipuri care prezintă continue îmbunătăţiri calitative şi economice.

Transportul suporţilor

De la atelierele din Bucureşti ale Trustului Electromontaj care fabrică toate piesele componente ale suporţilor, acestea sînt transportate la locul de plantare cu vagoane C.F.R. de dimensiuni şi tonaje corespunzătoare.

Incărcarea şi descărcarea din vagon atît a tronsoanelor centrifugate cît şi a pieselor vibrate, s-a făcut cu macarale auto sau pe şenile de 3—5 tone.

La liniile pe suporţi de beton armat centrifugat montate pînă în prezent nu au apărut decît în foarte rare cazuri stricăciuni de piese centrifugate sau vibrate în timpul transportului.

Asamblarea şi montajul stîlpilor

Asamblarea suporţilor se face în lungul liniilor adică la locul de plantare al fiecărui suport.

Alături de fundaţiile turnate din timp se aduc piesele componente ale suportului, adică : tronsoanele centrifugate, consolele, vîrfarele şi bridele.

Asamblarea se face în poziţie orizontală folosindu-se mijloace simple de şantier. Introducerea mortarului de ciment între piesele componente s-a făcut fără dificultate, după întărirea mortarului piesele fiind solidarizate foarte strîns. Incercări făcute au dovedit că acest procedeu simplu nu trebuie asigurat cu alte mijloace ca buloane, armare etc.

Ridicarea şi plantarea suporţilor se face cu ajutorul unui sistem de capre de lemn, iar manevrarea prin intermediul unui tractor. Pentru a se asigura suportului rigiditate în timpul ridi-

cării, el este întărit cu un dispozitiv de cabluri formînd o grindă tip „macaz".

S-au montat pînă în prezent linii atît în terenuri uşor accesibile, cît şi în terenuri accidentate.

Elemente de calcul al stîlpilor

Deoarece solicitarea cea mai importantă la care sînt supuşi suporţii este încovoierea în diferite direcţii, secţiunea inelară oferă un maxim de randament.

Intr-adevăr, dacă luăm în consideraţie că acelaşi suport poate fi solicitat fie pe direcţia perpendiculară traseului (vîntul), fie pe direcţia traseului (tracţiunea şi ruperea conductorilor), atît simetria secţiunii cît şi calităţile statice ale secţiunii inelare prezintă serioase avantaje.

La calculul suporţilor din beton armat centrifugat a trebuit să se aibă în vedere cele trei aspecte ale problemei constructive: capacitatea portantă, fisurarea betonului şi deformaţiile admisibile.

Dimensionarea stîlpilor s-a făcut întrebuinţîndu-se metoda de calcul al betonului armat bazată pe stadiul „de rupere" conform STAS 1546-50 care, faţă de vechile metode, conduce la avantaje teoretice şi practice.

Betonul întrebuinţat la confecţionarea suporţilor trebuie să fie de calitate cît mai bună.

Această calitate superioară, necesară atît pentru a asigura o conlucrare optimă între beton şi armătură cît şi pentru a întîrzia apariţia fisurilor sub acţiunea solicitărilor exterioare, mărind astfel rigiditatea, a fost considerată ca satisfăcătoare atunci cînd s-a obţinut beton marca B 400. Prin centrifugare, acest beton şi-a sporit considerabil calităţile mecanice, ajungînd să aibă rezistenţa de rupere de la 600—700 kg/cm².

In calculul secţiunilor, pentru acest beton s-au considerat caracteristicile:

- rezistenţa convenţională la rupere . . . . . R_i = 325 kg/cm²
- rezistenţă de rupere a betonului la întindere . . . . . R_t = 27 kg/cm²
- densitatea . . . . . γ = 2 650 kg/cm²
- modulul de elasticitate . . . . E = 2 100000 kg/cm²

Oţelul beton întrebuinţat ca armătură principală a stîlpilor a fost ales de calitatea OL 52. In calcul s-a considerat limita de curgere a oţelului beton $\sigma_c = 3\,500$ kg/cm².

La alegerea coeficientului de siguranţă luat în calcul s-a avut în vedere obţinerea unor deformaţii sub limita admisibilă, ţinîndu-se în acelaşi timp seama şi de anumite abateri de la proiect în execuţie (defectuoasa centrare a carcasei în timpul centrifugării, deficiente în controlul efectiv al calităţii betoanelor).

Pentru stîlpi s-au utilizat următorii coeficienţi de siguranţă:

- pentru sarcini în regim normal . . . . . $c = 3$
- pentru sarcini în regim de avarie . . . . $c = 2$

Definirea regimului normal şi de avarie este cea stabilită în prescripţiile pentru construcţia liniilor electrice aeriene peste 1 000 V ale MEEIE.

Procentul de armare influenţează foarte mult

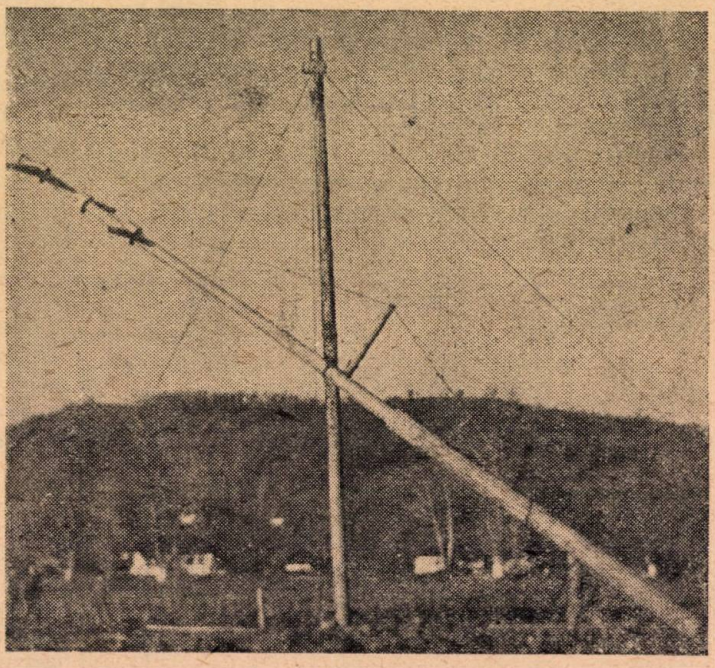


Fig. 23. Montarea unui suport de beton armat centrifugat la o linie de 35 kV.

capacitatea portantă a stîlpului, apariţia fisurilor ca şi rigiditatea lui. Trebuie însă dată o mare atenţie alegerii procentului de armare deoarece dacă aceasta creşte prea mult, secţiunea nu mai este economică, cedarea betonului în zona comprimată făcîndu-se înainte ca armătura întinsă să ajungă la rupere. De aceea, conform „Instrucţiunilor pentru calculul secţiunilor de beton armat" a MCIMC, pentru secţiunea inelară s-a limitat procentul de armare după relaţia:

$$0{,}4 < \frac{A_f \sigma_c}{A R_i} \leqslant 0{,}8,$$

unde:

A_f este secţiunea armăturii longitudinale;
A — secţiunea de beton;
σ_c — limita de curgere a armăturii;
R_i — limita de rupere a betonului la compresiune prin încovoiere.

Pentru betonul marca B 400 şi oţelul beton OL 52 procentul de armare variază între 3,7 şi 7,4%. Din practică s-a văzut însă că nu este economic a se utiliza un procent de armare mai mare de 6%.

Calculul la încovoiere al secţiunii inelare cu armătură uniform repartizată pe perimetru se face conform Instrucţiunilor arătate mai sus după formula:

$$cM = \frac{1}{\pi}\left[R_i A \cdot \frac{r_1 + r_2}{2} + 2A_f \sigma_c r_m \right] \sin \frac{\pi A_f \sigma_c}{R_i A + 2A_f \sigma_c}$$

în care r_1 şi r_2 sînt raza interioară, respectiv exterioară a secţiunii transversale a stîlpului, r_m este raza pe care sînt distribuite armăturile şi c este coeficientul de siguranţă.

Pentru calculul practic se folosesc tabele (tabela 18 din „Instrucţiuni" pentru $\sigma_c = 2\,500$ kg/cm² unde în funcţie de raportul $\frac{r_1}{r_2}$ şi $\alpha = \frac{A_f}{A} \cdot \frac{\sigma_c}{R_i}$ se deduce valoarea B_0 cu ajutorul căruia se determină momentul încovoietor de care este capabilă secţiunea inelară după formula:

$$c\,M = B_0\, r_2^3\, R_i$$

(cM se dă în kgcm, A şi A_f în cm², σ_c şi R_i în kg/cm²). Pentru oţel beton OL 52 cu $\sigma_c = 3\,500$ kg/cm² s-au întocmit tabele similare.

Incercarea stîlpilor

Incercările s-au făcut fixîndu-se stîlpul de încercat în poziţie orizontală. S-a ales acest sistem de lucru, deşi nu se realizează condiţiile reale, deoarece încercarea stîlpilor în picioare ar fi impus exercitarea asupra vîrfului stîlpului a unei tracţiuni oblice faţă de orizontală, In plus, ar fi apărut necesare schele şi construcţii speciale.

Prin măsurile de precauţie luate, încercarea stîlpului în poziţie orizontală a putut da rezultate concludente. Astfel, partea inferioară a stîlpului pe adîncimea prevăzută în proiect să intre în fundaţie a fost puternic fixată, stîlpul fiind susţinut la capătul liber şi pe parcurs.

Tracţiunea a fost exercitată de un troliu, acţionat manual, prin intermediul unui cablu fixat la vîrful stîlpului. Mărimea tracţiunii exercitată sa citit cu ajutorul a două dinamometre aranjate în serie pentru verificare.

Pentru urmărirea încovoierii stîlpului s-au fixat în lungul lui o serie de rigle gradate aşezate orizontal pe care faţă de axul trasat în lungul stîlpului se puteau citi deplasările fiecărui punct.

Incercările au urmărit:

— Observarea comportării stîlpilor de diferite tipuri sub acţiunea unei tracţiuni la vîrf. Se determină astfel elasticitatea stîlpilor, săgeata la diferite tracţiuni (regim normal, avarie etc.) şi săgeţile remanente corespunzătoare.

— Stabilirea momentului încovoietor de rupere şi compararea cu momentul introdus în calcul, adică determinarea coeficientului de siguranţă real al stîlpului.

— Observarea apariţiei şi mărimii fisurilor ca şi comportarea fisurilor la solicitări repetate şi alternate.

Iată mai jos rezultatele obţinute la încercarea făcută asupra unui stîlp cu lungimea liberă deasupra încastrării de 15,10 m. El este alcătuit din două tronsoane asamblate, prin telescopare şi este un tip folosit ca suport de susţinere la linii de 35 kV.

In fig. 25 şi 26 se poate observa cum a evoluat mărimea săgeţilor sub acţiunea tracţiunilor exercitate asupra stîlpului.

Pentru tracţiunea la vîrf $T = 385$ kg, care corespunde solicitărilor ce apar în regimul normal,

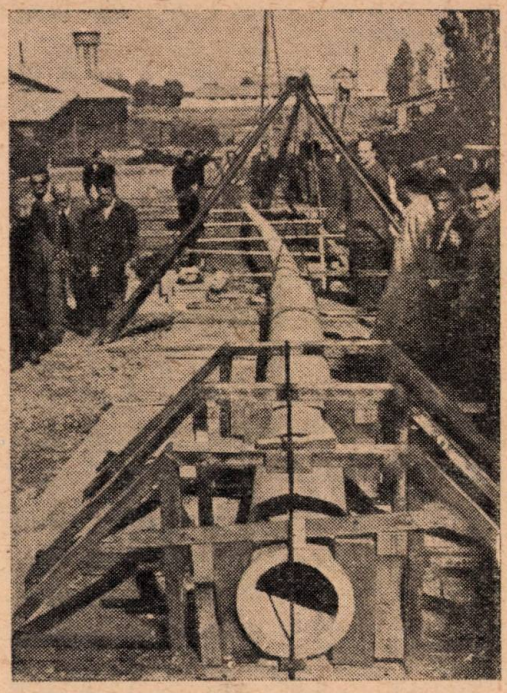


Fig. 24. Încercarea unui stîlp de 17 m lungime alcătuit din două tronsoane.

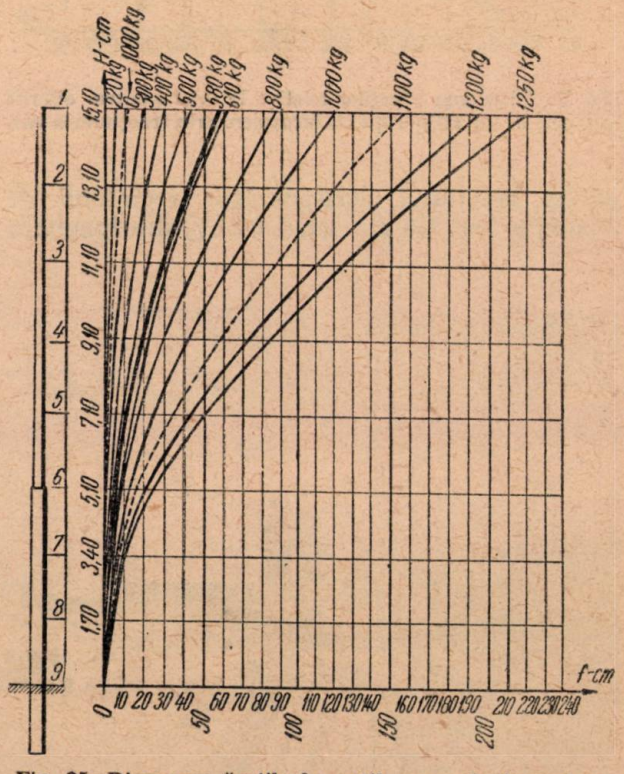


Fig. 25. Diagrama săgeţilor la un stîlp supus la încovoiere prin tracţiune la vîrf.

săgeata măsurată la vîrf a fost de 27 cm, adică 1,8% din lungimea liberă a stîlpului.

Pentru tracţiunea la vîrf $T = 575$ kg, care corespunde solicitărilor ce apar în regim de avarie,

săgeata la vîrf a fost de 57 cm, adică 3,8% din lungimea liberă a stîlpului.

— Săgeata în momentul ruperii ($T = 1\,250$ kg) este de 219 cm, adică 14,6% din lungimea liberă a stîlpului.

— Săgeata remanentă obţinută după descărcarea de sub tracţiunea $T = 1\,000$ kg (circa

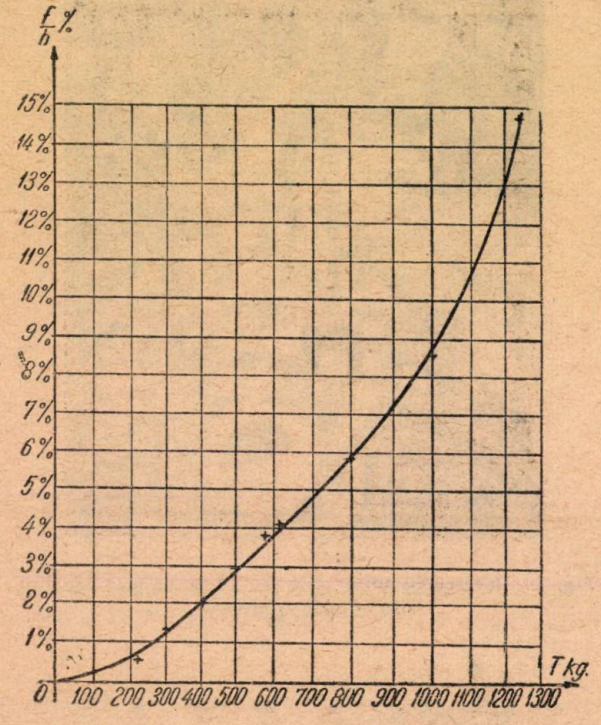


Fig. 26. Diagrama săgeţilor relative la vîrf pentru diferite tracţiuni la un stîlp supus la încovoiere prin tracţiune la vîrf.

dublul tracţiunii corespunzător regimului de avarie) a fost 1,6 cm, adică 0,11% din lungimea liberă. Coeficienţii de siguranţă reieşiţi din această încercare sînt:

$$c_1 = \frac{1\,250}{385} = 3{,}24$$

faţă de $c = 3{,}00$ considerat în calcul şi

$$c_2 = \frac{1\,250}{575} = 2{,}18$$

faţă de $c = 2{,}00$ considerat în calcul.

In ceea ce priveşte apariţia fisurilor, ea a fost înregistrată în vecinătatea încastrării la sarcina $T = 300$ kg. Aceste fisuri au fost foarte fine, aproape capilare şi la anularea tracţiunii ele s-au închis complet, fiind aproape imposibil de a le regăsi cu ochiul liber. La solicitarea şi descărcarea repetată în jurul lui $T = 300$ kg fisurile nu s-au înmulţit sau mărit. Abia în jurul lui $T = 1\,000$ kg fisurile au avut deschiderea de 1 mm.

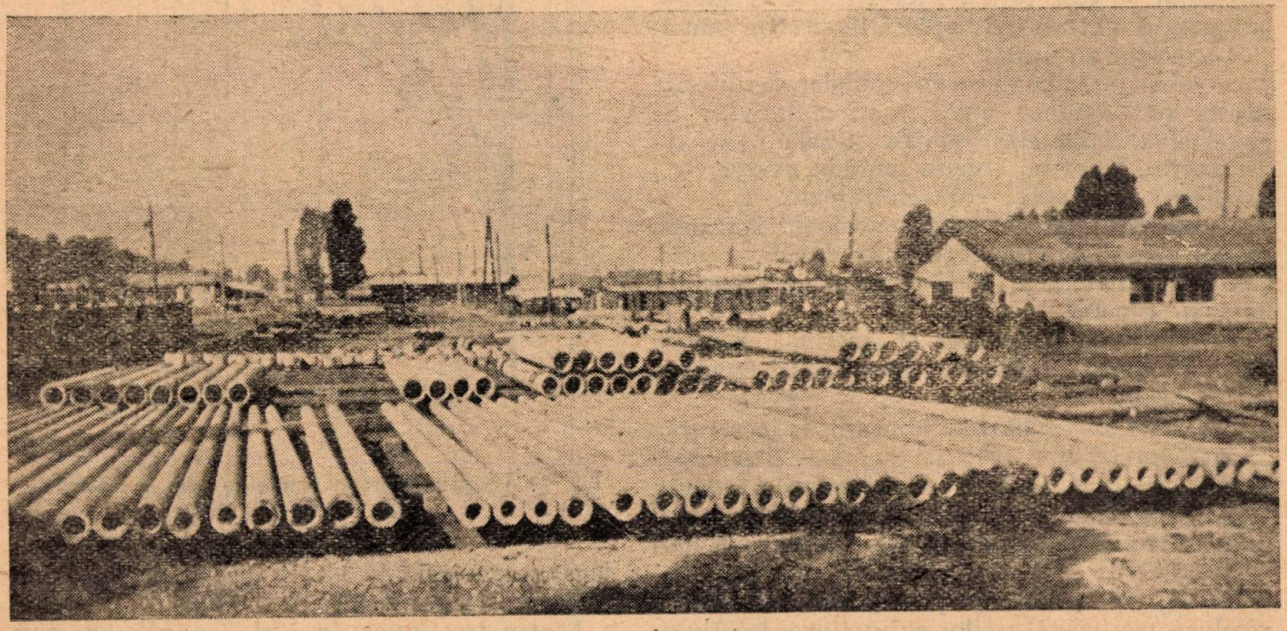
Din încercării se pot trage o serie de concluzii foarte interesante. Astfel, stîlpii din beton armat centrifugat au o elasticitate foarte mare care impresionează pe cei ce asistă pentru prima oară la asemenea încercări. Săgeata de 219 cm pe care o are stîlpul în momentul ruperii este într-adevăr surprinzătoare. Această mare elasticitate este foarte favorabilă la utilizarea în construcţii de linii de transport.

Săgeţile la vîrful stîlpului admise de literatură sînt între 1,5—2% în regim normal de funcţionare a liniei.

Fisurarea stîlpului se produce la sarcina de regim, lucru rezultat şi din calcul, dar deschiderea fisurilor este sub limita admisă de literatură ca fisuri periculoase.

Concluzii

Din prezentarea materialului de mai sus rezultă că aplicarea în R.P.R. a betonului armat centri-



Dig. 27. Stîlpi de beton armat centrifugat în depozit la fabrică.

fugat pentru suporţii liniilor de transport a energiei electrice s-a făcut cu succes, reuşindu-se a se introduce din ce în ce mai mult în practică.

Atît fabricarea betonului centrifugat cît şi utilizarea lui pentru stîlpi, s-a făcut aplicîndu-se metodele tehnice cele mai înaintate. Cu instalaţiile şi proiectele realizate se construiesc astăzi linii de joasă tensiune de 6, 15, 35 şi 110 kV, adică toată gama liniilor de transport de energie utilizată la noi în ţară.

Astăzi numai în cazuri cu totul speciale se recurge la metal sau lemn la construcţia suporţilor pentru linii. In acest mod se economisesc importante cantităţi de material preţios, punîndu-se în valoare materii prime ce se găsesc din abundenţă la noi în ţară (agregate, ciment şi oţel beton). Totodată, prin întrebuinţarea betonului armat centrifugat se realizează şi economii în investiţii.

Intr-adevăr, luîndu-se în consideraţie atît investiţiile cît şi cheltuielile de întreţinere ale unei linii, se poate alcătui următorul tabel concludent în care sînt date în procente costurile liniilor cu suporţi de beton, metal sau lemn pentru tensiunile de 6, 15, 35 şi 110 kV.

Din tabela 1 se observă că :

— Din punct de vedere al investiţiilor, liniile pe suporţi de beton armat sînt mai avantajoase la tensiuni mai mari (35 kV, 110 kV).

— Suporţii de beton centrifugat reclamă investiţii mai mici decît cei metalici la liniile de 110 kV (29% faţă de 32%).

— Costul total (investiţii plus exploatare) al unei linii cu suporţi de beton armat centrifugat faţă de cel al unei linii cu suporţi de lemn este cu 12% mai redus în cazul liniilor de 6—15 kV şi cu 15% în cazul celor de 35 kV. Faţă de o linie de 110 kV cu suporţi metalici linia cu suporţi de beton aduce o reducere la costul total de 8%.

Pe lîngă avantajele economice, folosirea liniilor de transport de energie electrică pe suporţi de beton armat constituie un însemnat progres tehnic.

Rezultatele obţinute pînă în prezent au condus la studierea mai departe a aplicării betonului armat centrifugat, la continua îmbunătăţire a calităţii lui, la utilizarea de noi materiale şi procedee (pretensionarea armăturii), la crearea de noi tipuri de suporţi.

Costul liniilor de transport de energie (în %) *Tabela 1*

	6—15 kV		35 kV		110 kV	
	beton	lemn	beton	lemn	beton	metal
Investiţii	29	21	31,5	25	29	32
Intreţinere şi exploatare	71	91	68,5	90	71	76
Total	100	112	100	115	100	108

Observaţii : In cheltuielile de întreţinere şi exploatare au fost incluse :

— reparaţii capitale şi amortizare ;

— reparaţii curente ;

— costul pierderilor de energie în linie.

— Calculul s-a făcut pentru o durată a liniilor de 30 ani, la lungimi de linii de 6 km pentru 6—15 kV, 24 km pentru linii de 35 kV şi 60 km pentru linii de 110 kV. Cifrele reprezintă procente din costul liniei pe suporţi de beton pentru fiecare tip de linie.

Bibliografie

Mihelson E.: Stîlpi de beton armat centrifugat pentru linii electrice, Electriceschie Stanţii, nr. 10, 1949.

N. Gheorghiu şi *G. Drăgan* : Stîlpi de beton armat centrifugat, Electricitatea, A.S.I.T., nr. 1, 2, 1950.

Scvorţov V. V. : Suporţi de linii electrice din beton armat centrifugat, Electriceschie Stanţii, nr. 8, 1950.

Cohn M. : Stîlpi de beton armat, Revista M.E.E.I.E., nr. 8, 1952.

Bodrov G. : Stîlpi rezistenţi şi economici de beton armat vibrat, Energeticeschii biul., nr. 2, 1953.

Kacian I. K.: Utilizarea stîlpilor de beton armat centrifugat pentru construcţia liniilor de telecomunicaţii, Energeticeschii biul., nr. 6, 1953.

★

ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ОПОРАМИ ИЗ ЦЕНТРИФУГИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Резюме

Замена металлических и деревянных опор, опорами из центрифугированного железобетона на линиях электропередач представляет прогресс с технической и экономической точки зрения.

В статье описаны достижения последних лет в Р.Н.Р. в этой области а также и специальная центрифугирующая машина, организация производства опор и ряд применяемых типов опор из центрифугированного железобетона.

STATISTICA MATEMATICĂ ÎN PROBLEMELE HIDROLOGICE

Ing. M. CONSTANTINESCU și *O. TRITEANU*

Articolul cuprinde noțiunile statistice întîlnite frecvent în calculele hidrologice și analiza rezultatelor obținute pe această cale. Se arată cum metodele statistice oferă hidrologilor o serie de parametri utili în proiectare și se insistă asupra faptului că aplicarea trebuie făcută numai după analiza datelor de bază și a verificării rezultatelor prin alte metode.

I. Curbe de asigurare teoretice cu patru parametri. In articolul „Noțiuni introductive în teoria curbelor de asigurare" (Hidrotehnica, nr. 12. 1953), s-au expus principiile de stabilire a curbelor de asigurare cu trei parametri, de tip Pearson III și legăturile care permit utilizarea lor în calculele hidrologice.

Din analiza unor șiruri de observații hidrologice directe, efectuate pe perioade mai îndelungate de timp, s-a observat — în unele cazuri — o distribuție a valorilor, diferită de cea indicată de curbele Pearson. Pentru studiul lor, s-au introdus curbe mai complicate, cu patru parametri, indicate în calculul probabilităților de funcțiune a lui Charlier.

Construirea curbelor de asigurare cu patru parametri pentru șirurile hidrologice a fost studiată de Mialkovski. Cei patru parametri: x valoarea medie C_v coeficientul de variație, S asimetria și E excesul, se calculează cu formulele:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_i}{n}, \tag{1}$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\Sigma (k-1)^2}{n-1}}, \tag{2}$$

$$S = \frac{\Sigma (k-1)^3}{2(n-1)C_v^3} = \frac{C_s}{2}. \tag{3}$$

$$E = \frac{1}{8}\left[\frac{\Sigma (k-1)^4}{(n-1)\,C_v^4} - 3\right]. \tag{4}$$

In relațiile de mai sus, n este numărul anilor de observații, i numărul de ordine cronologică al valorii x_i iar k — modulii $x_i/\bar{x}$. După determinarea celor patru parametri, se calculează curba de asigurare a șirului, valoarea x_p cu asigurarea $p\%$ fiind indicată de relația:

$$x_p = \bar{x}\,[1 + C_v\,(\Phi_s + \Phi_E)]. \tag{5}$$

Abaterile $\Phi_s\,\Phi_E$ sînt calculate de Mialkovski în tabele pentru diversele valori ale lui S și E în funcție de asigurarea $p\%$. La curbele de asigurare cu trei parametri, de tip Pearson, calculul se efectua analog cu relația:

$$x_p = \bar{x}\,(1 + C_v\,\Phi_p), \tag{6}$$

abaterea Φ fiind calculată de Rîbkin în tabele pentru diverse valori ale coeficientului de asimetrie C_s și în funcție de asigurarea p.

Calculul parametrilor se efectuează într-un tablou care cuprinde coloanele indicate mai jos

i	x_i	x_i ordonat	$k = \frac{x_i}{\bar{x}}$	$(k-1)^2$	$(k-1)^3$	$(k-1)^4$

Calculul curbei de asigurare cu trei parametri are forma:

Asigurare $p\%$	Asigurare T ani	Φ_p	$C_v \cdot \Phi_p$
Asigurare $p\%$	Asigurare T ani	$1 + C_v \cdot \Phi_p$	$\bar{x}\,(1 + C_v \cdot \Phi_p)$

Calculul curbei de asigurare cu patru parametri are forma:

Asigurare $p\%$	Asigurare T ani	Φ_s	Φ_E	$\Phi_s + \Phi_E$
Asigurare $p\%$	Asigurare T ani	$1 + C_v\,(\Phi_s + \Phi_E)$	$\bar{x}\,[1 + C_v\,(\Phi_s + \Phi_E)]$	

Dacă se analizează influența diverșilor parametri ai curbelor de asigurare teoretice se poate stabili, după fiecare șir studiat necesitatea introducerii lor în calcule.

Reprezentarea grafică a curbelor de asigurare se face pe o diagramă specială, avînd în ordonată valorile x_p respectiv modulii k la scară logartitmică, iar în abscisă asigurările $p\%$ la scara probabilităților. Aceasta din urmă se obține raportîndu-se abaterile Φ_p la stînga și la dreapta asigurării de 50% pentru curba de distribuție Gauss, care are $C_s = 0$.

Dacă se studiază influența coeficientului de variație C_v în raport cu dreapta corespunzătoare lui $C_v = 0$, cînd k este totdeauna egal cu 1, se observă că valorile lui k cresc la asigurările mici și descresc la cele mari pe măsura creșterii lui C_v,

Dacă se studiază influența asimetriei S pentriu o valoare a lui C_v constantă, se observă că

pentru $S = 0$ curba de asigurare apare pe diagrama indicată sub forma unei drepte înclinate. Valorile lui $S > 0$ măresc abaterile de la extremitățile curbei, în timp ce valorile lui $S < 0$ le micșorează. Toate curbele care au C_v constant au două puncte comune.

Dacă se consideră C_v și S constante și se urmărește influența excesului E, se observă că valorile lui $E > 0$ măresc abaterile de la extremitățile curbei, în timp ce valorile lui $E < 0$ le micșorează.

In tabela 1 este indicat șirul debitelor maxime anuale provenite din ploi, pentru un rîu din țara noatră urmărit pe o perioadă de 41 de ani. S-au calculat parametrii curbei de asigurare obținîndu-se :

$\bar{x} = 222{,}4$ m³/s, $C_v = 0{,}78$, $S = 0{,}91$, $E = 0{,}39$

In fig. 1 se reprezintă grafic trei curbe de asigurare : prima dintre ele, cu trei parametri, cei rezultați din calcul ($C_v = 0{,}78$ și $C_s = 1{,}80$) ; a doua, tot cu trei parametri, în care însă s-a adoptat $C_s = 4C_v$ ($C_v = 0{,}78$ și $C_s = 3{,}10$), ținînd seamă de recomandările făcute în literatura de specialitate ; a treia curbă cu patru parametri, cei rezultați din calcul ($C_v = 0{,}78$, $S = 0{,}91$, $E = 0{,}39$).

II. Precizia determinării cu ajutorul curbelor de asigurare.

Pentru determinarea practică a parametrului C_v este necesar un șir cuprinzînd cel puțin 20 — 25 de ani de observații directe, iar pentru C_s și E, cel puțin 40—50 de ani. Eroarea medie patratică de determinare a parametrilor este dată de relațiile următoare :

$$\sigma_v = \frac{C_v}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + 2C_v^2}, \tag{7}$$

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{6}{n}} \cdot \tag{8}$$

Eroarea crește cu reducerea numărului termenilor șirului și cu creșterea lui C_v. Același lucru se petrece și cu eroarea relativă cu care se obține valorirea $\bar{x}$. Neglijînd eroarea lui C_s

Tabela 1

Asigurările empirice pentru șirul debitelor maxime la un post hidrometric

i	Anul	Q max m³/s	Q ord m³/s	$p = 100\frac{i-0{,}5}{n}$ %	$p = 100\frac{i}{n+1}$ %	$p = 100\frac{i-0{,}3}{n+0{,}4}$ %
1	1913	408,0	842,0	1,22	2,38	1,6
2	1914	152,0	686,0	3,66	4,76	4,1
3	1915	83,5	595,0	6,10	7,14	6,5
4	1916	181,5	480,7	8,54	9,52	8,9
5	1917	202,7	409,0	11,0	11,9	11,4
6	1918	51,6	408,0	13,4	14,3	13,8
7	1919	244,0	395,0	15,9	16,7	16,2
8	1920	106,8	321,0	18,3	19,0	18,6
9	1921	277,0	298,0	20,8	21,4	21,1
10	1922	156,0	277,0	23,2	23,8	23,5
11	1923	395,0	271,5	25,6	26,2	25,8
12	1924	842,0	271,5	28,1	28,6	28,3
13	1925	154,0	244,0	30,5	30,9	30,6
14	1926	480,7	227,5	32,9	33,3	33,1
15	1927	152,0	202,7	35,4	35,7	35,5
16	1928	54,6	181,5	37,8	38,1	38,0
17	1929	133,5	164,0	40,2	40,5	40,4
18	1930	114,0	160,0	42,7	42,8	42,7
19	1931	409,0	156,0	45,2	45,2	45,2
20	1932	227,5	156,0	47,6	47,6	47,6
21	1933	135,6	154,0	50,0	50,0	50,0
22	1934	115,9	154,0	52,5	52,3	52,4
23	1935	595,0	152,0	55,0	54,7	54,8
24	1936	160,0	152,0	57,4	57,1	57,2
25	1937	271,5	141,9	59,2	59,5	59,7
26	1938	103,2	141,9	62,2	61,9	62,1
27	1939	68,0	135,6	64,7	64,3	64,5
28	1940	141,9	135,5	67,1	66,6	66,9
29	1941	141,9	127,5	69,6	69,0	69,3
30	1942	154,0	123,5	72,0	71,4	71,8
31	1943	103,2	115,9	74,5	73,8	74,2
32	1944	123,5	114,0	77,0	76,2	76,6
33	1945	101,4	106,8	79,3	78,5	79,0
34	1946	127,5	103,2	81,8	80,9	81,4
35	1947	321,0	103,2	84,2	83,3	83,8
36	1948	156,0	101,4	86,7	85,6	86,2
37	1949	271,5	83,4	89,1	88,1	88,6
38	1950	164,0	70,0	91,5	90,5	91,1
39	1951	54,6	54,6	94,0	92,9	93,5
40	1952	70,0	54,6	96,5	95,2	96,0
41	1953	298,0	51,6	98,9	97,6	98,4

Kriţki şi Menkel exprimă eroarea relativă a lui x sub o formă simplificată :

$$\sigma_x = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{\phi^2}{2}} \,. \qquad (9)$$

Din expresia erorilor, rezultă că — pentru un şir avînd $n = 100$ termeni — relativ lung, eroarea determinării lui C_s este de 25%. Din această cauză de cele mai multe ori, C_s nu se calculează, ci se determină prin metode empirice indicate de practică. Astfel, este indicat să se adopte :

$C_s = 0$ la calculul asigurării nivelelor maxime ;
$C_s = C_v$ la calculul asigurării precipitaţiilor medi anuale :
$C_s = 2\,C_v$ la calculul asigurării debitelor medii anuale, minime de vară şi de iarnă, maxime de primăvară :
$C_s = 3C_v$ la calculul asigurării precipitaţiilor maxime în 24 ore ;
$C_s = 4C_v$ la calculul asigurării debitelor ,maxime din ploi.

In cazul observaţiilor nesigure şi al şirurilor scurte de observaţii, trebuie aplicate corecţii valorilor calculate, cu ajutorul formulei indicate de Kriţki-Menkel :

$$\frac{\Delta_x}{x} = a\,\frac{E_p}{\sqrt{n}} \,. \qquad (10)$$

Valorile lui E_p se citesc pe o diagramă în funcţie de C_v şi asigurarea p. Parametrul a are valori între 1 şi 2, după calitatea observaţiilor.

Din observarea şirurilor hidrologice, se constată uneori prezenţa unei valori excepţionale, cum ar fi de exemplu, un debit ,maxim foarte ridicat, în raport cu celelalte valori ale şirului. Se presupune că această valoare x_N corespunde unei asigurări N, mult mai mare decît durata şirului de observaţii. Se fac inverstigaţiile necesare pentru a se evalua aproximativ asigurarea $N > n$, în ani. Pentru aceste şiruri, formulele de calcul se modifică, după Kriţki şi Menkel, sub forma :

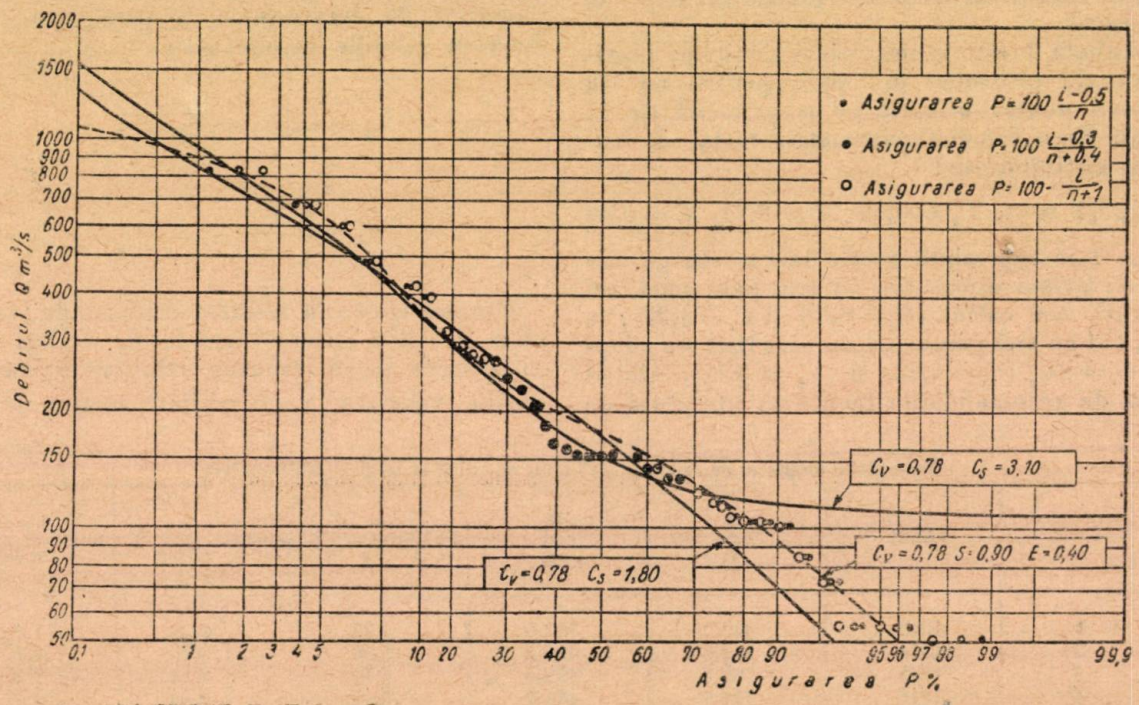


Fig. 1

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\left[x_N + \frac{N-1}{n}\,\Sigma\, x_i\right]. \qquad (11)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N}\left[(k_N - 1)^2 + \frac{N-1}{n}\,\Sigma(k_i - 1)^2\right]}. \qquad (12)$$

III. Curbe de asigurare empirice.

Trecerea de la valorile asigurării p%, la frecvenţa T ani, se face în două moduri deosebite, după cum asigurarea este mai mică sau mai mare decît 50%. Formulele corespunzătoare sînt :

$$\text{pentru } p < 50\% \qquad T = \frac{100}{p}, \qquad (13)$$

$$\text{pentru } p > 50\% \qquad T = \frac{100}{100 - p} \qquad (14)$$

Pentru şirurile statistice, cuprinzînd un număr n de valori x_i s-au propus o serie de formule empirice de determinare a asigurării p a fiecărei

valori x_i din șir. Cele trei formule indicate de literatură au forma :

$$p = 100 \frac{i - 0,5}{n}, \tag{15}$$

$$p = 100 \frac{i}{n + 1}, \tag{16}$$

$$p = 100 \frac{i - 0,3}{n + 0,4}. \tag{17}$$

Asigurările obținute pentru x_1 cea mai mare parte dintre valorile șirului sînt :

$$\frac{50}{n}, \quad \frac{100}{n+1}, \quad \frac{70}{n+0,4}.$$

Se observă că, pentru a se obține asigurarea $p = 1\%$, formulele de mai sus cer șiruri de observații de durate deosebite : pentru prima formulă sînt necesari 50 de ani, pentru a doua 99 de ani, iar pentru a treia 70 de ani de înregistrări directe.

Dacă se aplică, pe rînd formulele de mai sus la același șir statistic, pentru cea mai mare valoare x_1, se obțin asigurări deosebite. De exemplu : pentru $n = 20$, formulele de mai sus dau asigurările $p = 2,50\%$ $p = 4,76\%$ și $p = 3,43\%$. Pentru cea mai mică valoare x_{20} se obțin asigurările : $p = 97,5\%$, $p = 95,3\%$ și $p = 96,5\%$. Formula (16) apare ca acoperitoare pentru calcul.

Relațiile de mai sus nu au o justificare teoretică, din care cauză ele nu reprezintă o rezolvare strictă a problemei. Dintre cele trei formule, ultima conduce la valori intermediare în raport cu cele obținute cu primele două. Pentru $n < 30$ ani, asigurările s-au calculat după formula (17), rezultatele fiind redate în tabela 2.

In tabela 1, cuprinzînd un șir de 41 de debite maxime anuale s-au calculat asigurările empirice după cele trei formule indicate și apoi s-au raportat la diagramă.

Calculul empiric al asigurărilor și raportarea punctelor pe diagramă permit trasarea curbelor empirice de asigurare. Acestea sînt un mijloc de rezolvare a problemei asigurărilor, precum și un mijloc de verificare a curbelor teoretice.

Din fig. 1 se poate observa poziția punctelor raportată față de diverse curbe teoretice de asigurare luate în considerare. Cea mai apropiată este curba calculată cu patru parametri statistici ; de asemenea, raportarea cea mai probabilă apare cea indicată de formula (17).

IV. Formulele aproximative. Pentru determinarea valorilor parametrilor statistici, se pot folosi o serie de formule care conduc la rezultate apropiate. Ele dau valori aproximative și vor fi utilizate pentru calcule preliminare și pentru verificare.

Peters dă o relație pentru calculul coeficientului de variație :

$$C_v = 1,25 \frac{\Sigma |(k - 1)|}{n - 0,5}, \tag{18}$$

în care parantezele $(k - 1)$ se iau cu valoarea lor absolută.

Autorii propun, pentru calculele preliminare, o relație în funcție de modulii extremi, cu condiția ca șirul să nu prezinte valori excepționale :

$$C_v = 0,37 \frac{k_1 - k_n}{\lg n}. \tag{19}$$

Acestă relație a fost verificată pentru mai mult de 20 șiruri hidrologice, înregistrate direct în țara noastră, erorile fiind cuprinse în limitele $\pm 10\%$.

Pentru un calcul mai apropiat se propune formula :

$$C_v = 1,3 \left[\frac{\Sigma X - \Sigma x}{\Sigma X + \Sigma x} + \frac{n - N}{n + N} \right], \tag{20}$$

în care X sînt valorile mai mari decît $\bar{x}$, x valorile mai mici decît $\bar{x}$, N — numărul valorilor X, iar n — numărul valorilor x. Această formulă este o prelucrare a formulei Peters, însă are avantajul că nu mai cere determinarea modulilor k, deci nu se mai efectuează împărțirile $x_i/\bar{x}$.

Aplicînd la șirul din tabela 1 formula (19), se obține $C_v = 0,81$, iar din aplicarea formulei (20) — $C_v = 0,74$

Pentru determinrea coeficientului de asimetrie C_s cea mai simplă formulă este cea teoretică :

$$C_s = \frac{2 C_v}{1 - k_n}, \tag{21}$$

care exprimă condiția de a avea toate ordonatele curbei de asigurare pozitive, începînd de la valoarea k_n.

La calculul debitelor maxime, este necesară determinarea modulilor k pentru asigurările $p < 50\%$, corespunzătoare diverselor frecvențe T, în ani. Pentru aceasta, autorii propun următoarea formulă :

$$k_T = 1 + 1,1 (C_v \lg T) + 0,15 \frac{C_s}{C_v} (C_v \lg T) \tag{22}$$

Sub forma scrisă mai sus, ea a fost diagramizată în fig. 2, pe care se indică și modul de utilizare. Formula s-a obținut prin reprezentarea grafică a coeficienților ϕ determinți de Rîbkin.

Diagrama poate fi utilizată pentru determinarea aproximativă a coeficientului de variație C_v prin intermediul formulei (19) : se calculează cu valorile extreme diferența modulilor $k_1 - k_n$ și, apoi, produsul 0,37 $(k_1 - k_n)$, cu care se intră în abscisa diagramei ; la intersecția verticalei duse prin această abscisă cu dreapta reprezentînd $T = n$ ani, se duce o orizontală, care

Tabela 2

Calculul asigurărilor empirice cu formula $p = 100\,\dfrac{i-0{,}3}{n+0{,}4}$

i \ n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	n \ i
1	13,0	11,0	9,45	8,33	7,44	6,73	6,13	5,64	5,22	4,86	4,54	4,26	4,02	3,80	3,61	3,43	3,27	3,12	2,99	2,87	2,76	2,65	2,56	2,46	2,38	2,30	1
2	31,5	26,6	23,0	20,2	18,0	16,3	14,9	13,7	12,7	11,8	11,0	10,3	9,78	9,24	8,77	8,33	7,94	7,58	7,26	6,97	6,70	6,44	6,20	5,98	5,70	5,59	2
3	48,2	42,2	36,5	32,1	28,7	26,0	23,6	21,8	20,1	18,7	17,5	16,4	15,5	14,7	13,9	13,2	12,6	12,0	11,5	11,1	10,6	10,2	9,85	9,51	9,18	8,88	3
4	68,6	57,8	50,0	44,0	39,2	35,6	32,4	29,8	27,6	25,7	24,0	22,5	21,2	20,5	19,0	18,2	17,3	16,5	15,8	15,2	14,6	14,0	13,5	13,0	12,6	12,2	4
5	87,0	72,5	63,5	55,9	50,0	45,2	41,2	37,9	35,1	32,6	30,5	28,6	27,0	25,5	24,2	23,0	21,9	21,0	20,1	19,2	18,5	17,8	17,2	16,5	16,0	15,5	5
6		89,0	77,0	67,8	60,6	54,8	50,0	46,0	42,6	39,6	37,0	34,8	32,7	31,0	29,4	28,0	26,6	25,4	24,4	23,4	22,4	21,6	20,8	20,0	19,4	18,7	6
7			90,5	79,7	71,2	64,4	58,8	54,1	50,0	46,5	43,5	40,8	38,5	36,4	34,5	32,9	31,3	29,9	28,6	27,4	26,4	25,4	24,4	23,6	22,8	22,0	7
8				91,6	81,8	74,0	67,6	62,1	57,5	53,5	50,0	47,0	44,2	41,8	39,7	37,8	36,0	34,4	32,9	31,5	30,3	29,2	2 ,1	27,1	26,2	25,3	8
9					92,5	83,7	76,3	70,2	65,0	60,4	56,5	53,1	50,0	47,2	44,8	42,7	40,6	38,8	37,2	34,2	34,2	33,0	31,8	30,6	29,6	28,6	9
10						93,2	85,0	78,2	72,4	67,3	63,0	59,1	55,7	52,7	50,0	47,6	45,3	43,3	41,4	39,7	38,2	36,7	35,4	34,1	33,0	31,9	10
11							93,8	86,2	79,8	74,3	69,5	65,3	61,5	58,2	55,2	52,4	50,0	47,8	45,7	43,8	42,2	40,6	39,1	37,7	36,4	35,2	11
12								94,4	87,3	81,2	76,0	71,3	67,2	63,6	60,3	57,4	54,7	52,2	50,0	47,8	46,0	44,3	42,7	41,2	39,8	38,5	12
13									94,8	88,2	82,5	77,5	73,0	69,1	65,5	62,2	59,4	56,7	54,3	52,1	50,0	48,2	46,4	44,7	43,2	41,8	13
14										95,1	89,0	83,6	78,8	74,5	70,7	67,2	64,0	61,2	58,5	56,2	54,0	51,8	50,0	48,3	46,7	45,2	14
15											95,4	89,7	85,5	79,8	75,8	72,0	68,7	65,6	62,7	60,2	57,8	55,7	53,8	51,7	50,0	48,3	15
16												95,7	90,3	85,3	81,0	77,0	73,0	70,0	67,2	64,3	61,8	59,5	57,3	55,3	53,4	51,7	16
17													96,0	90,8	86,0	81,8	78,0	74,5	71,3	68,4	65,7	63,3	61,0	58,8	56,8	55,0	17
18														96,2	91,3	86,8	83,7	79,0	75,7	72,6	69,8	67,0	64,7	62,3	60,2	58,3	18
19															96,4	91,5	87,4	83,5	79,8	76,7	73,6	70,8	68,3	65,8	63,6	61,5	19
20																96,5	92,2	88,0	84,2	80,7	77,6	74,7	72,0	69,3	67,0	64,8	20
21																	96,7	92,3	88,5	85,0	81,5	78,4	75,6	72,8	70,4	68,2	21
22																		96,9	92,7	89,0	85,5	82,3	79,3	76,6	73,9	71,4	22
23																			97,1	93,1	89,3	86,0	82,8	79,8	77,2	74,7	23
24																				97,2	93,4	89,8	86,5	83,5	80,7	78,0	24
25																					97,3	93,7	90,2	87,0	84,1	81,3	25
26																						97,4	93,8	90,5	87,5	84,6	26
27																							97,5	94,0	90,8	88,8	27
28																								97,6	94,3	91,2	28
29																									97,6	94,4	29
30																										97,7	30

determină valoarea lui C_v. Pentru șirul din tabela 1 se obține :

$$0{,}37(k_1 - k_n) = 0{,}37(3{,}78 - 0{,}23) = 1{,}31.$$

Pentru valoarea C_v l, $n = 1{,}31$ și $n = 41$ ani, s-a

Combinarea factorilor condiționali ai debitelor maxime în situația cea mai defavorabilă conduce la valori excepționale. Se consideră că aceste valori rezultante aparțin unei clase deosebite de clasa viiturilor obișnuite și că ele urmează o lege proprie.

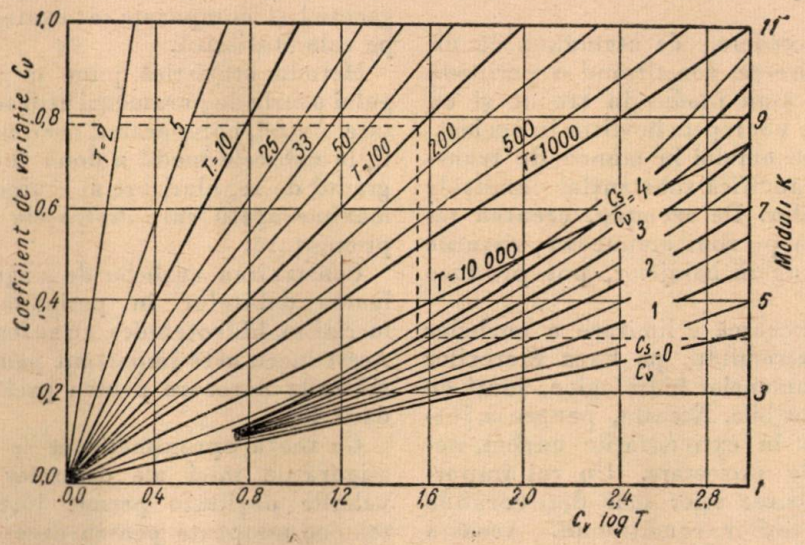


Fig. 2

obținut din diagrgmă $C_v = 0{,}81$ față de $C_v = 0{,}78$ calculat direct.

Pe diagramă, s-a figurat de asemenea, calculul modulului k pentru șirul studiat, cu $C_v = 0{,}78$, $T = 100$, $C_s = 4C_v$ obținîndu-se $k = 4{,}2$.

V. Utilizarea curbelor de asigurare. Curbele de asigurare se folosesc în hidrologie, mai ales la determinarea valorilor debitelor maxime și ale debitelor anuale și în mai mică măsură, la calculul debitelor minime.

Utilizarea curbelor de distribuție și de asigurare, teoretice sau empirice, prezintă o serie de avantaje dar și de inconveniente. Din această cauză, introducerea legilor probabilităților în calculele hidrologice este o problemă încă deschisă în care părerile cercetătorilor sînt împărțite.

Infirmarea rezultatelor obținute cu ajutorul curbelor de asigurare a fost provocată de valorile neobișnuite care au avut loc în S.U.A. în anii 1936—1938, care au depășit mult valorile calculate. Valorile debitelor maxime, înregistrate în această perioadă aveau — după curbele de asigurare calculate — o frecvență de o dată la milioane de ani. Astfel, rîul Republica din Nebrasca a avut în anul 1935 o viitură de 10 ori mai mare decît viitura maximă înregistrată în 40 de ani anteriori. La noi pe Argeșul superior, viitura din anul 1941 este de 5 ori mai mare decît viitura maximă înregistrată în 10 ani consecutivi de observații directe.

Cauzele care au provocat inundațiile din S.U.A. în 1936, arată existența unor acțiuni simultane a ploilor de primăvară și a dezghețului. Cantitatea totală de precipitații căzute în 13 zile, adunată cu apa provenită din dezgheț, s-a ridicat la 300—600 mm.

Poliakov (1951) menționează că frecvența reală, cu care se produc viiturile de o anumită asigurare nu se determină prin repetiția obținută după calculul probabilităților. Maximul calculat teoretic o dată la 100 de ani poate să nu fie întîlnit de loc, sau să apară de cîteva ori într-un interval echivalent de observații directe. De exemplu, pe Dunăre în anii 1897 și 1899, s-au produs două viituri cu o asigurare de aproximativ 1%. Dacă ar exista un șir de observații pe 5000 de ani, atunci s-ar putea găsi aproximativ 500 de viituri cu asigurarea de 1%. Perioada de repetiție a unei viituri nu este, în acest caz, decît media unui șir foarte lung.

In două congrese referitoare la debitele maxime, ținute în U.R.S.S. în 1939 și în 1946, s-au semnalat deficiențele observate la determinarea maximelor rîurilor mici și mijlocii, cu metoda statistică. Unii cercetători au propus renunțarea definitivă la metoda teoriei probabilităților și înlocuirea cu metoda construirii hidrografului. S-a remarcat că — deși aplicarea curbelor de asigurare, fără discernămînt poate avea o serie de rezultate negative — totuși ea este necesară pentru a dispune de o metodă în plus spre a analiza datele.

Oghievski (1951) consideră că metoda statistică conduce la rezultate acceptabile pentru asigurările cuprinse între 2 și 98% la șirurile care cuprind aproximativ 50 de ani de observații directe. Extrapolarea obținută cu ajutorul curbelor de asigurare este cu atît mai relativă cu cît se merge la asigurări situate mai înafara intervalului de mai sus.

Șiruri lungi de observații nu sînt reprezentative dacă ele sînt efectuate în perioade cu caracter secetos sau ploios și, mai ales, cînd conțin valori

excepționale. Așa cum s-a arătat, acestea sînt provocate de acțiunea combinată o factorilor condiționali și valorile rezultate sînt cele mai periculoase.

Determinarea empirică a coeficientului C_s, de obicei egală cu 2 C_v sau 4 C_v elimină complet posiblitatea diferențierii dintre rîuri, deci a condițiilor particulare prezentate de fiecare bazin studiat.

Trebuie avut în vedere, de asemenea că un șir de observații directe, constituind o perioadă reprezentativă, nu s-au produs în trecut și cu atît mai mult nu se vor repeta în viitor în aceleași condiții. Activitatea omului în munca de transformare a naturii modifică substanțial condițiile de scurgere a rîurilor. De exemplu, crearea rezervoarelor de apă pe rîuri atenuează viiturile sau, în cazul distrugerii barajelor, pot produce inundații în aval.

In prezent, se încearcă o limitare a curbelor de asigurare la extremități, pe baza factorilor condiționali ai fenomenelor hidrologice, luați cu valorile extreme posibile. Aceasta, pentru a justifica extrapolarea la extremitățile curbei, necesară calculelor de proiectare. Un rol important îl ocupă și găsirea celor mai defavorabile combinări ale factorilor condiționali. Această problemă nu a căpătat încă o rezolvare.

Kriţki și Menkel (1950) socotesc că rezultatele obținute cu ajutorul curbelor de asigurare sînt apropiate de realitate chiar pentru asigurările de 0,1 și 0,01%. Deducția lor se bazează pe observarea unor șiruri artificiale construite pe includerea într-un singur șir a datelor obținute în cîteva zeci de stații, fiecare avînd 20—40 de ani de observații directe. Această unire a mai multor șiruri de observații este însă artificială ; ea nu cuprinde tocmai cazurile extreme de combinare a factorilor condiționali ; de asemenea nu cuprinde rezultatul acțiunii acestor factori pe un teritoriu vast, fiind valori locale ; de altfel, din punct de vedere teoretic nu sînt îndeplinite condițiile inițiale de indepedență reciprocă a fenomenelor, așa cum se întîmplă cu extragerea bilelor din urnă. De exemplu, se știe că Marea Neagră a înghețat aproape complet de șapte ori în anii 401, 558, 764, 801, 829, 1011, 1419 ; analiza observațiilor meteorologie la 100 de stații funcționînd în ultimii 50 de ani și includerea celor 5000 de date într-un singur șir, nu pot conduce la o explicare reală a cauzelor care au provocat aceste înghețuri.

Toate inconvenientele arătate mai sus, sînt în general, mai reduse decît avantajele pe care le prezintă extinderea șirurilor hidrologice cu ajutorul metodei statistice.

De asemenea, trebuie aplicate metodele de calcul care leagă valorile hidrologice de factorii genetici și comparate rezultatele cu cele obținute pe cale statistică.

Metoda statistică pune la îndemîna hidrologului o serie de parametrii utili calculului de proiectare. Astfel, compararea coeficienților de variație C_v la debitele medii a două rînduri dă o idee de gradul de regularizare al scurgerii, iar la debitele maxime arată care dintre ele are o viitură mai pronunțată.

Construirea curbelor de asigurare permite evaluarea debitelor în perioada de construcții a lucrărilor hidrotehnice, cu suficientă aproximație. Acest lucru este important pentru a se putea lua măsurile necesare pentru preîntîmpinarea inundării lor.

Cu toată aproximația ce se face calculîndu-se asigurările mici ale debitelor maxime (0,1%), valorile obținute permit justificarea soluțiilor tehnice adoptate pentru diverse lucrări, cum ar fi descărcătorii de ape mari etc. STAS-urile prevăd clasificarea lucrărilor hidrotehnice după mărimea investițiilor și funcționarea lor ; corespunzător fiecărei categorii de lucrări, sînt indicate asigurările ce trebuie luate în calcul în timpul construcțiilor și după terminarea lor.

Metoda statistică trebuie utilizată de cele mai multe ori pentru extinderea șirurilor hidrologice. Aplicarea nu trebuie făcută mecanic, ci după analiza datelor de bază, iar după aceasta, este necesară o verificare a rezultatelor prin alte metode după situația cea mai defavorabilă a factorilor genetici.

Bibliografie

Lebedev V. V. : Hidrologia și hidrometria în probleme. Moscova, Ghimiz, 1952.

Poliakov R. V. : Calcule hidrologice pe rîuri mici, București, Editura Tehnică, 1951.

Velikanov M. A. : Hidrologia uscatului, Ed. 3, Ghidrometeoizdat, Moscova-Leningrad, 1948.

Oghievski A. V. : Hidrologia uscatului, Ed. 4, Selhozghiz, Moscova, 1951.

★

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ВОПРОСАХ

Резюме

Статья содержит статистические понятия встречаемые наиболее часто в гидрологических расчетах и анализ выводов полученных этим путем.

В статье указывается что статистические методы представляют гидрологам ряд параметров полезных при проектировании и подчеркивается что они могут применяться только после анализа основных данных и проверки выводов при помощи других методов.

DETERMINAREA DIAMETRULUI ECONOMIC AL CONDUCTELOR CU SCURGERE ÎN REGIM LAMINAR

Ing. M. HEITNER

În acest articol se arată economia scurgerii în regim laminar și se calculează diametrul economic pentru această scurgere. Articolul se completează cu o nomogramă care ușurează calculul practic.

Determinarea diametrului economic al conductelor cu pompare este o problemă tratată în literatură. Sînt cunoscute formulele Biel, D. Pavel, Smirnov care diferă între ele numai prin diverse aprecieri ale funcției pierderii de sarcină λ. Aceasta din urmă este considerată constantă în formula D. Pavel, funcție de puterea $-1/3$ a diametrului în formula Smirnov. Aceste valori ale funcției λ sînt valabile pentru domeniul scurgerilor turbulente, pentru anumite zone de scurgere (turbulent rugos, mixt hidraulic, conducte netede).

În cele ce urmează se stabilește formula pentru calculul diametrului economic al conductelor cu scurgeri în regim laminar.

Mișcări laminare în conducte sînt cazuri mai rar întîlnite în tehnică. Ele intervin totuși în practica stațiilor de descărcare, depozitare și pompare a păcurii, a motorinii și a uleiurilor.

Pierderea de sarcină :

$$\Delta p = \lambda \frac{v^2}{2gd} \gamma l. \qquad (1)$$

În cazul scurgerii laminare funcția pierderii de sarcină este dată de relația lui Poiseuille :

$$\lambda = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64\nu}{v.d} \qquad (2)$$

Introducînd relația lui λ din (2) în (1) se capătă succesiv :

$$\Delta p = \frac{64\nu}{vd} \cdot \frac{v^2}{2gd} \gamma l = \frac{32v\nu\gamma}{gd^2} l = \frac{32v\mu l}{d^2} . \qquad (3)$$

În relațiile de mai sus s-a notat cu :

v — viteza medie în conductă ;
d — diametrul ;
ν — viscozitatea cinematică ;
γ — greutatea specifică ;
μ — viscozitatea dinamică.

S-a ținut seama de asemenea de relația dintre viscozitatea cinematică și cea dinamică : $\mu = \frac{\gamma}{g} \nu$.

Puterea cerută la axa pompei este :

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{\eta_p} = \frac{128 \mu Q^2 l}{\eta_p \pi d^4} . \qquad (4)$$

În relația (4) puterea este exprimată în $\frac{\mathrm{kgm}}{\mathrm{s}}$; pentru a exprima puterea în kW, debitul în m^3/h, viscozitatea dinamică în kgs/m^2 și diametrul în cm, relația (4) se transformă astfel :

$$N = \frac{128 \cdot 10^8 \cdot \mu \cdot Q^2 l}{1{,}36 \cdot 75 \ (3600)^2 \pi d^4 \eta_p} = \frac{3{,}07 \mu \ Q^2 \ l}{d^4 \ \eta_p} . \qquad (5)$$

Cheltuielile anuale fixe în stație (care sînt exprimate numai funcție de cota de amortizare neglijîndu-se cotele pentru reparații capitale și cheltuieli generale) sînt exprimate prin :

$$C_s^{af} = \frac{3{,}07 \ \mu \ Q^2 \ l}{d^4 \ \eta_p} c . \qquad (6)$$

Cheltuielile anuale variabile în stație se exprimă prin :

$$C_s^{av} = \frac{3{,}07 \ \mu Q^2 \ l}{d^4 \ \eta_p} p \cdot n. \qquad (7)$$

În relațiile (6) și (7) s-a notat cu p costul unei kWh, cu n numărul orelor de exploatare al pompelor iar cu c amortizmentul unui kW instalat.

Cheltuielile anuale fixe în conducte sînt date de relația :

$$C_c^{af} = \pi \cdot d \cdot \delta \cdot l \cdot D \cdot \gamma$$

Dacă se exprimă diametrul d în cm, grosimea δ a peretelui conductei în mm, greutatea specifică γ în kg/m^3 iar D fiind amortizarea pe an a unui kg de conductă montat, atunci

$$C_c^{af} = \pi \ d \ \delta \ l D \gamma \cdot 10^{-5} . \qquad (8)$$

În relația (8) cheltuielile anuale fixe în conducte s-au considerat proporționale cu greutatea conductei, lucru ce se ia în considerație în anumite cazuri.

Costul pe an al întregii lucrări se capătă adunînd relațiile (6), (7) și (8)

$$C_{total} = C_s^{af} + C_s^{av} + C_c^{af} = \frac{3{,}07 \ \mu \ Q^2 \ l \ (pn + c)}{d^4 \ \eta_p} + \\ + \pi l \delta l \cdot D \cdot \gamma \cdot 10^{-5} . \qquad (9)$$

Diametrul economic se obține anulînd derivata lui C în raport cu diametrul d.

$$\frac{dC}{dd} = - \frac{4 \cdot 3{,}07 \mu \ Q^2 l \ (pn + c)}{d^5 \mu_p} + \pi \ l \delta \ D \gamma \cdot 10^{-5} = 0 \qquad (10)$$

În derivarea făcută mai sus nu se mai ţine seama de variaţia grosimii în funcţie de diametru. Acest lucru este justificat de faptul că grosimea peretelui ţevii nu depinde practic, de presiunea din conductă; el nu se dimensionează pe baza rezistenţei ţevii ci serveşte în general la asigurarea contra uzurii. De aceea în formulele care urmează grosimea trebuie anteevaluată. De altfel acest lucru nu îngreunează calculul căci pentru mai multe diametre consecutive se pot găsi aceleaşi grosimi ale peretelui.

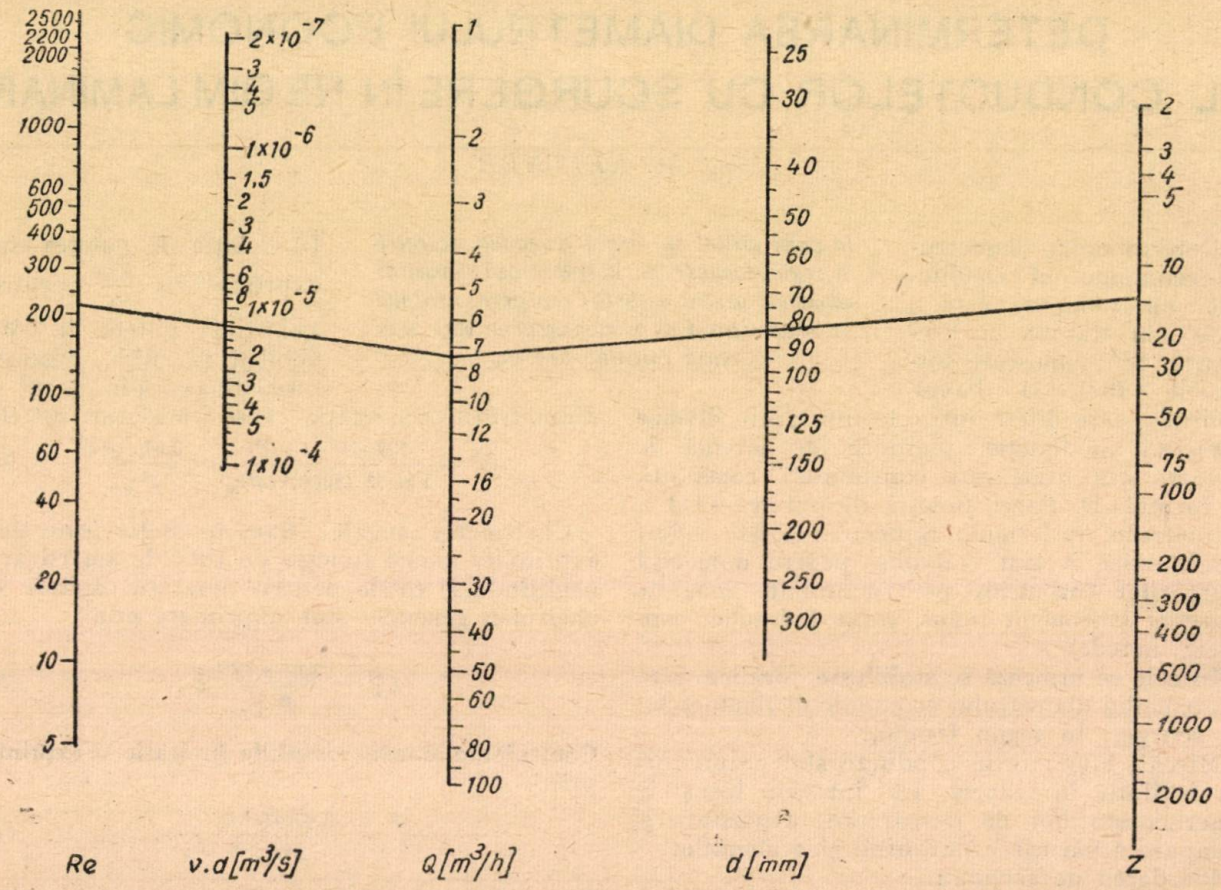


Fig. 1. Nomograma de calcul a diametrului economic al conductelor — scurgeri în regim laminar.

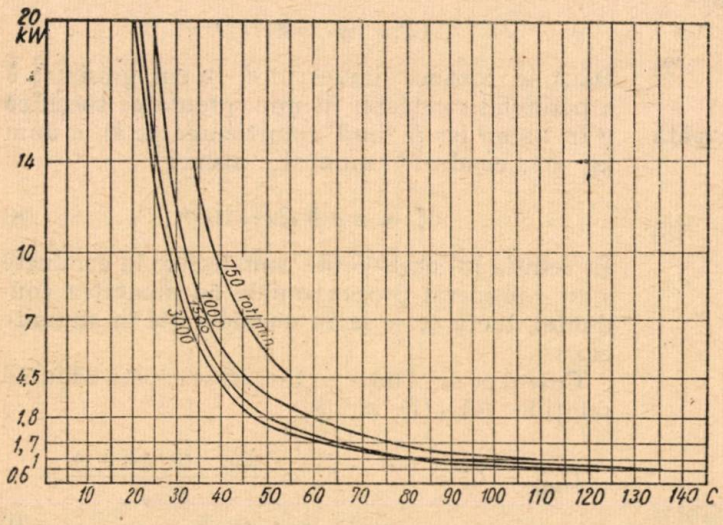


Fig. 2. Diagrama $B(N)$ pentru motoare electrice asincrone de uz general — la o amortizare de 10 ani.

Din relaţia (10) se ajunge numaidecît la diametrul economic

$$d = 13{,}1 \left[\frac{\mu\, Q^2 (pn + c)}{\eta_p\, \delta\, D\gamma} \right]^{1/5}. \qquad (11)$$

Dacă facem calculul pentru conducta de fier pentru care greutatea specifică este de 7 800 kg/m³, formula (11) devine:

$$d = 2{,}18 \left[\frac{\mu Q^2 (pn + c)}{\eta_p \delta D} \right]^{1/5}. \qquad (12)$$

Pentru uşurarea calculelor cu formula (12) se poate folosi nomograma de mai sus. Notînd valoarea $\frac{\mu(pn + c)}{\eta_p\, \delta\, D}$ cu Z, se poate citi direct valoarea diametrului în mm, unind valoarea debitului Q cu valoarea Z corespunzătoare.

Domeniul de aplicabilitate al formulei este numai regimul laminar de scurgere; de aceea este neapărat necesar a se controla dacă cu diametrul rezultat caracterul scurgerii nu este turbulent. De aceea, tot pe nomogramă, se poate controla dacă valoarea numărului Reynolds nu depăşeşte 2 300. Acest control se face unind

valoarea debitului Q cu valoarea produsului $v.d$, unde d trebuie introdus în metri.

Exemplu: $\mu = 1{,}38 \cdot 10^{-2}$ kgs/m², $Q = 7{,}5$ m³/h, $\frac{pn + c}{\eta_p} = 3\,600$, $\delta = 3{,}5$ mm, $D = 1$.

Aplicînd formula (12) se obţine $d = 8{,}3$ cm. Se rotunjeşte diametrul găsit la cel mai apropiat diametru standardizat, diametru 89·3,25.

După aplicarea formulei trebuie verificat dacă la diametrul astfel găsit, mişcarea mai este laminară şi nu turbulentă, în acest din urmă caz, rezultatul formulei (12) ne mai putînd fi luat în consideraţie. În cazul de mai sus

$$R_e = \frac{1{,}27\,Q}{v \cdot d} = \frac{1{,}27. \cdot 7{,}5}{3600 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}081} = 218.$$

Mişcarea este deci laminară şi formula diametrului economic putea fi aplicată. Acelaşi exemplu se foloseşte şi în nomogramă.

Caracteristica formulei. Formula pentru stabilirea diametrului economic în cazul scurgerii laminare diferă de acelea pentru scurgerile turbulente întrucît pierderile de sarcină depind în primul caz de puterea întîia a vitezei, în al doilea caz de pătratul ei. În scurgerile laminare vitezele pot fi mai mari decît în cele turbulente, la pierderi de sarcini similare. De aici se vede că la scurgerile laminare accentul cade pe costul ţevilor, economia făcîndu-se în special la ele prin montarea de diametre mai reduse permiţîndu-se mărirea vitezei. În al doilea caz, cel al scurgerilor turbulente, economia se face mai ales la staţia de pompare, deoarece viteza influenţează mai puternic pierderile de sarcină.

★

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОГО ДИАМЕТРА ТРУБОПРОВОДОВ С ЛАМИНАРНЫМ СТОКОМ

Резюме

В статье показывается экономичность ламинарного стока и расчитывается экономичный диаметр для стока такого рода.

Статья дополнена номограммой облегчающей практический расчет.

PROTECŢIA MUNCII

MĂSURI ORGANIZATORICE DE SECURITATE A MUNCII ÎN INSTALAŢIILE ELECTRICE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

Tehnica securităţii muncii în instalaţiile electrice prezintă o deosebită importanţă; în prezent ea este şi mai actuală, deoarece punerea în practică a planului nostru de electrificare atrage un număr din ce în ce mai mare de cadre noi în munca de montare şi exploatare a centralelor, staţiilor şi liniilor electrice care se execută şi sînt puse în funcţiune.

In general curentul electric provoacă puţine accidente, însă un procent însemnat din acestea sînt grave; faptul se explică prin aceea că din punct de vedere al securităţii muncii exploatarea instalaţiilor electrice diferă radical de exploatarea celorlalte instalaţii (tehnice, mecanice, chimice, etc).

La acestea din urmă, de obicei, pericolul este anunţat prin unele semne la care simţurile omului reacţionează. Şueratul aburului care suflă, vederea unui organ de maşină în mişcare, mirosul toxicelor, etc. ajută muncitorului să reacţioneze prompt şi să ia măsuri de apărare pentru a înlătura sau a atenua gravitatea accidentului. In instalaţiile electrice situaţia este complet diferită, dearece curentul electric nu prezintă nici un indiciu şi muncitorul, nefiind prevenit, nu ia nici o măsură de apărare.

Accidentele prin electrocutare se datoresc atingerii părţilor sub tensiune sau apropierea prea mult de aceste părţi, intrarea în zona periculoasă (distanţele mai mici de 0,35 m pentru 6 kV, 0,6 m pentru 10—35 kV şi 1,5 pentru 60—110 kV).

De aceea pentru prevenirea accidentelor prin electrocutare este necesar să se ia o serie de măsuri tehnico-organizatorice, care să asigure înlăturarea posibilităţii ca personalul să vină în contact cu instalaţiile sub tensiune sau care ar putea fi puse sub tensiune. Aceste măsuri, care trebuie asigurate atît personalului de exploatare şi care execută lucrări de intreţinere şi reparaţii, cît şi personalului care face control sau vizitează instalaţiile electrice în funcţiune, constau în:

1. Proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor electrice, în conformitate cu „Prescrip-

ţiile de exploatare tehnică a centralelor şi liniilor electrie".

II. Respectarea „Normelor de tehnica securităţii în instalaţiile electrice" de către personalul de deservire a instalaţiilor electrice.

Prin respectarea strictă a prescripţiilor la executarea şi exploatarea instalaţiilor electrice noi şi prin punerea de acord cu aceste prescripţii a instalaţiilor vechi, care în majoritatea cazurilor au fost construite fără a se ţine seama de normele de tehnica securităţii, se creează condiţiile materiale pentru o exploatare normală şi lipsită de pericole. In acest domeniu s-au obţinut realizări frumoase pînă în prezent, dar este încă necesară o muncă susţinută pentru a pune toate instalaţiile în ordine.

Majoritatea accidentelor prin electrocutare, se datoresc însă şi personalului care deserveşte aceste instalaţii şi de aceea în acest articol se insistă mai mult asupra măsurilor ce se referă la personal şi la activitatea personalului, cu atît mai mult cu cît cadrele noi care vin în sectorul nostru sînt în general fără experineţă.

Aceste măsuri sînt redate pe larg în „Normele de tehnica securităţii în instalaţiile electrice" şi se referă la :

1. Condiţiile ce trebuie să le îndeplinească persoanele care deservesc sau lucrează în instalaţiile electrice de înaltă tensiune.

2. Accesul în instalaţii electrice de înaltă tensiune.

3. Serviciul de tură în instalaţiile electrice de înltă tensiune.

4. Controlul instalaţiilor electrice de înaltă tensiune.

5. Executarea manevrelor curente.

6. Executarea de lucrări în instalaţiile electrice de înaltă tensiune.

Persoanele care deservesc instalaţiile electrice de înaltă tensiune trebuie să îndeplinească următoarele condiţii.

a) să fie sănătoase, cea ce se constată la intrarea în serviciu printr-un examen medical minuţios şi prin examinări periodice.

b) Să aibă un certificat nominal de calificare din punct de vedere al tehnicii securităţii. Acest certificat se obţine, în urma primirii instructajului special prin examen dat în faţa unei comisii alcătuite în conformitate cu prescripţiile de exploatare tehnică. In certificat se specifică grupa de calificare (I—VI) şi calificativul obţinut (satisfăcător, bine sau foarte bine).

Cei ce nu îndeplinesc aceste condiţii nu pot fi admişi să deservească instalaţiile electrice.

Verificarea cunoştinţelor se face în fiecare an şi ori de cîte ori se constată vreo abatere de la norme.

— Persoanele străine de instalaţii nu pot intra în instalaţiile electrice decît pe baza unei autorizaţii speciale eliberată de cei în drept şi sub supravegherea şi răspunderea personală a unei persoane cu o calificare de cel puţin grupa III din punct de vedere al tehnicii securităţii muncii.

— In general în serviciul de tură trebuie să fie cel puţin două persoane.

— Controlul instalaţiilor electrice se face fără dispoziţie de lucru, însă numai de către personalul din tura de serviciu sau de către personalul tehnic care are cel puţin calificarea grupei V din punct de vedere al tehnicii securităţii muncii şi figurează pe lista celor ce au dreptul să facă controale. In timpul controlului nu este permis să se ridice îngrădirile sau să se execute vreo lucrare.

— Manevrele se execută din ordin în conformitate cu prescripţiile de exploatare tehnică pe baza foii de manevră şi în general de două persoane, care au calificarea din punct de vedere al tehnicii securităţii muncii de cel puţin grupa III şi IV. Una din persoane citeşte operaţiile din foaia de manevră şi supraveghează, iar cealaltă execută manevrele utilizînd mijloacele de protecţie necesare (mănuşi, cisme, podeţe izolante, stângi izolante, ochelari, etc.)

— Dintre accidentele electrice datorate personalului, majoritatea sînt suferite de personalul care execută lucrări de reparaţii şi întreţinere în instalaţiile electrice în funcţiune, toate avînd drept cauze : insuficienta pregătire a locului de muncă, lipsa de supraveghere.

Locul de muncă se pregăteşte şi se asigură împotriva reapariţiei tensiunii printr-o serie de măsuri tehnice ca : întreruperea tensiunii prin întrerupători şi separatori, blocarea dispozitivelor de acţionare a acestor întrerupători şi separatori verificarea lipsei de tensiune, montarea punerilor la pămînt mobile şi a scurtcircuitoarelor, montarea îngrădirilor şi a plăcuţelor avertizoare.

Aceste măsuri nu sînt însă suficiente şi trebuie însoţite de o serie de măsuri organizatorice care să stabilească ordinea de executare a măsurilor tehnice şi persoanele răspunzătoare de executarea, supravgherea şi controlul executării acestor măsuri.

Ori ce lucrare ce se execută în instalaţiile electrice cu scoaterea totală sau parţială de sub tensiune, sau chiar fără întreruperea tensiunii, nu se poate face decît în baza unei dispoziţii de lucru scrise sau verbale şi de cel puţin două persoane.

Măsurile organizatorice care trebuie să garanteze securitatea muncii, cu ocazia executării de lucrări în instalaţiile electrice, privesc :

1. Emiterea dispoziţiei de lucru scrise sau verbale.

2. Admiterea la lucru.

3. Supravegherea în timpul lucrului.

4. Intreruperea lucrului.

5. Terminarea lucrului şi punerea în funcţiune a instalaţiei.

Lucrările se execută pe baza unei dispoziţi de lucru scrise (formular I sau II) sau verbale, după gradul lor de complexitate şi al instalaţiilor.

Dispoziţia de lucru verbală trebuie înregistrată în registrul de tură sau într-un registru de dispoziţii.

Dispoziţia de lucru scrisă este un formular în baza căruia se execută lucrări în instalaţiile electrice, în care se indică locul şi obiectivele,

măsurile tehnice de securitate care trebuie luate (întreruperea tensiunii, punerea la pămînt și scurtcircuitarea, montarea îngrădirilor și plăcilor avertizoare etc.) data executării lucrării și persoanele răspunzătoare de securitatea muncii.

Dispoziția de lucru scrisă se dă pentru o singură lucrare și pe un timp limitat, cel mult 6 zile.

Persoanele răspunzătoare de securitatea muncii sînt :

1. Emitentul dispoziției de lucru, care emite și semnează dispoziția de lucru.

2. Șeful de tură responsabilul cu darea în primire a instalațiilor sau responsabilul de serviciu al exploatării, care asigură luarea măsurilor de securitate, în centrale, stații și posturi de transformare și face admiterea la lucru sau dă aprobarea pentru începerea lucrării.

3. Conducătorul responsabil al lucrării, care ia în primire locul de muncă și răspunde de aplicarea normelor de tehnica securității muncii în condițiile indicate în dispoziția de lucru.

4. Executantul (șeful de echipă) sau supraveghetorul, care conduce efectiv echipa de lucru și răspunde de aplicarea și respectarea măsurilor de securitate în timpul lucrului de către personalul din echipă.

5. Persoanele care fac parte din efectivul echipei, începînd cu categoria II de calificare, care răspund de respectarea normelor în limita calificării lor.

Persoanele care au categoria I de calificare nu răspund de securitatea muncii, deoarece nu posedă cunoștințele necesare și de aceea se impune ca aceste persoane să fie supravegheate, în special, cu mai multă atenție de șeful de echipă și chiar de ceilalți membri din echipă.

In caz că lucrările se execută de persoane necalificate din punct de vedere al tehnicii securității se numește un supraveghetor, avînd cel puțin categoria III care răspunde de securitatea echipei numai din acest punct de vedere și nu are voie să participe la excutarea de lucrări.

Normele de tehnica securității stabilesc detaliat atribuțiile și responsabilitățile tuturor persoanelor, menționate mai sus, precum și categoria de calificare ce trebuie s-o aibă fiecare.

Ceea ce trebuie subliniat este faptul că o persoană nu poate să cumuleze decît în anumite împrejurări cel mult două din responsabilitățile amintite, așa că în general pentru o lucrare, în afară de membrii echipei mai sînt totdeauna cel puțin 3 persoane care răspund de securitatea muncii și care deci se pot completa și controla reciproc în scopul asigurării tuturor condițiilor de lucru.

In dispoziția de lucru se menționează pregătirea locului de muncă, admiterea la lucru, încetarea zilnică a lucrului precum și terminarea lucrării.

Este absolut necesar ca aceste operații să fie executate în ordinea indicată în formularul dispoziției de lucru și să se facă imediat consemnările respective. Orice tratare formală a acestor măsuri, ca de exemplu completarea dispoziției de lucru în birou, la începutul sau la terminarea lucrării, fără a se ține seama de desfășurarea în timp a diverselor operații, poate da naștere atît la accidente de muncă cît și la avarii. Utilizarea în mod birocratic a dispoziției de lucru este mai periculoasă decît executarea lucrărilor fără dispoziție de lucru, de aceea principala condiție, ce se cere la executarea de lucrări în instalațiile electrice, este respectarea strictă a măsurilor tehnico-organizatorice de securitatea muncii. Aceste măsuri sînt așa de minuțios întocmite încît respectarea lor asigură evitarea completă a accidentelor prin electrocutare.

Am insistat în mod special asupra măsurilor organizatorice de securitate în instalațiile electrice pentru că analiza accidentelor prin electrocutare arată că accidentele pot fi evitate dacă se respectă întocmai măsurile organizatorice și dacă nu se utilizează în mod formal formularele dispoziției de lucru.

Nerespectarea acestor măsuri se datoresc în primul rînd subaprecierii lor de către organele tehnice de conducere. Printr-o justă atitudine față de măsurile organizatorice de securitate a muncii și prin respectarea lor integrală se previn complet accidentele prin electrocutare în instalațiile electrice.

A. Andreicseu

Bibliografie

Kuznețov A. V. : Tehnica securității în instalațiile electrice. *M.E.E.I.E.* și *C.C.S.* : Norme de tehnica securității în instalațiile electrice.

UTILIZAREA IZOTOPILOR RADIOACTIVI LA STUDIUL ANTRENĂRII SĂRURILOR PRIN ABUR

In centralele termoelectrice substanțele antrenate de abur, depunîndu-se pe paletele turbinelor, micșorează secțiunile de trecere ale canalelor; aceste depuneri, constituite din substanțe diferite și care se depun în mod diferit, duc la o micșorare importantă a puterii și randamentului turbinei. In prezent, cantitatea de substanță admisă în abur este de 0,05—0,15 mg/kg.

Procesul de impurificare a aburului poate fi considerat atît ca efect al antrenării picăturilor de apă care conțin săruri dizolvate cît și ca rezultat al eliminării de particule solide (oxizii de fier, grafit, oxid de cupru) aflate în suspensie în apa din cazan; pe de altă parte, trebuie avut în vedere faptul că suprafețele metalice devin hidrofobe în urma adsorbției de substanțe organice (uleiuri, acizi grași) și astfel se elimină prin abur acid silicic, fosfat de calciu, particule de nămol etc.

In cazanele cu circulație naturală, aburul saturat poate fi considerat ca o ceață, adică o suspensie de picături lichide în abur; în această fază predomină antrenarea de picături minuscule și solubilizarea diferitelor substanțe în abur; faza precritică alcătuește un sistem analog fumului sau prafului adică o suspensie de particule solide în abur, provenite din eliminarea substanțelor aflate în stare de suspensie în apa din cazan.

Controlul purității aburului are o însemnătate deosebită pentru asigurarea funcționării normale a unei instalații de forță cu abur; cu cît presiunea este mai mare, cu atît aburul trebuie să fie mai pur. Aceasta cere exercitarea unui control atent și permanent al purității aburului.

Acest control este însă îngreuiat din cauza cantității procentuale foarte reduse a substanțelor străine din abur; precizia metodelor analitice obișnuite nu este suficientă pentru acest control. Măsurarea cantităților de substanță străină din abur, cînd aceasta este de ordinul zecimilor și sutimilor de miligram pe kilogramul de abur, este legată de greutăți deosebite.

Pentru substanțele solide antrenate de abur și care se pot depune pe paletele turbinelor, se folosește în general termenul „sărurile din abur". Aceste substanțe nefiind totdeauna săruri ci de foarte multe ori SiO_2, NaOH, oxizi metalici etc., termenul nu este propriu; totuși el este folosit atît în practică cît și în comunicările științifice, în articole, în instrucțiuni oficiale, norme, prescripții etc.

Pentru determinarea precisă a conținutului de săruri al aburului precum și a modului cum acest conținut depinde de diferiți factori, sînt necesare metode de determinare de o sensibilitate de ordinul γ (miimii de miligram) pe kilogramul de abur.

Metodele analitice obișnuite neputînd fi aplicate pentru analiza probelor de abur care cuprind impurități în cantități atît de mici, s-a încercat o „concentrare a impurităților", adică o „îmbogățire" a unei cantități de abur în impurități; s-a încercat astfel o mărire artificială a concentrației impurităților aburului de un număr determinat de ori.

In Uniunea Sovietică, a fost realizată, la Institutul Termotehnic Unional VTI, o metodă de concentrare a sărurilor în probele de abur. Această concentrare s-a obținut prin trecerea unor cantități mari de condensat (200—500 litri) prin filtre schimbătoare de ioni, ceea ce a permis să se acumuleze impuritățile conținute în aburul produs în decursul unui schimb sau a unei zile întregi, într-un aparat experimental. Metoda este însă complicată, ea cere o aparatură voluminoasă și ceea ce este mai important, această metodă nu arată conținutul de substanță străină în abur în fiecare moment ci dă numai rezultate medii, pentru un intreval de timp, care variază în practică între 8 și 24 ore.

De aceea, această metodă este aplicată numai pentru o serie de substanțe străine care intră în proporții mai importante în alcătuirea impurităților din abur și îndeosebi pentru anionii acizilor slabi. In multe cazuri sensibilitatea acestei metode este însă nesatisfăcătoare.

Pentru a obține sensibilitatea necesară, cercetătorii sovietici au recurs la proprietățile *izotopilor radioactivi* de a putea fi detectați și dozați cu ajutorul contoarelor de particule, de tipul Geiger — Müller. Sensibilitatea excepțională a metodei care folosește izotopii radioactivi a fost utilizată de Stîrikovici, Vinokur, Sterman, Surnov, în cercetarea calității aburului.

Experiențele au fost făcute la început cu o coloană mică de barbotare, lucrînd sub presiunea atmosferică, cu un volum de apă de aproximativ 1 litru, înălțimea apațiului de abur fiind de circa 600 mm iar debitul aburului de la 0,5 la 6 kg/h.

S-au folosit diferiți izotopi radioactivi; P^{32}, S^{35}, Ca^{45}, Na^{24}, introduși sub forma de săruri în apa din coloană. Aburul care a antrenat particolele este condensat și se determină radioactivitatea atît a probelor de condensat cît și a celor de apă din coloană, această apă fiind com-

pletată cu apă distilată pînă la volumul de apă inițial introdus în aparat.

Raportul dintre aceste valori constituie coeficientul w de antrenare al sării respective.

Determinarea radioactivității probelor se face asupra substanțelor solide obținute prin evaporarea solventului. In acest scop, se picură 0,5—1 ml de condensat pe o foaie de hîrtie de filtru; după uscare, foaia se înfășoară pe un contor cilindric de particule.

Dacă se folosește un izotop cu energie radioactivă mai scăzută (S^{35}, Ca^{45}), proba se picură într-un creuzet de aluminiu cu pereții foarte subțiri iar după evaporarea apei, creuzetul conținînd rezidiul solid de săruri se aplică pe partea frontală a unui contor de particule în formă de clopot, cu fundul de mică; repetînd picurarea și evaporarea apei de mai multe ori, se poate obține o probă cu o concentrație care poate întrece chiar de 10 ori pe cea inițială.

Pentru a avea o cantitate de substanță cu care să se poată lucra mai ușor se adaugă uneori apei în care s-a introdus izotopul radioactiv și o cantitate din aceeași sare însă neradioactivă; se evaporă apa într-un creuzet de aluminiu cu pereții foarte subțiri și se obține rezidiul, care de data aceasta este format dintr-un amestec de sare radioactivă și neradioactivă. Radioactivitatea substanței din creuzet se determină cu un contor în formă de clopot. Adaosul de sare neradioactivă se calculează astfel încît greutatea rezidiului solid să nu depășească 2 mg/cm^2.

Pentru a putea avea determinări de mare precizie cu ajutorul izotopilor radioactivi, trebuie eliminate toate cauzele de erori. Experiența a arătat că una din ele este constituită de faptul că pereții vaselor de laborator, cu care se lucrează, adsorb o importantă parte a preparatelor radioactive. Adsorbția de către sticlă a fosfatului disodic, al cărui fosfor este izotopul radioactiv P^{32} ($Na_2HP^{32}O^4$) este redată în graficul din fig. 1, pentru două intensități readiactive, prin radioactivitatea pe care o are substanța după absorbție față de cea inițială. Se arată în același grafic și adsorbția fosfatului disodic neradioactiv (Na_2HPO_4), care este foarte mică.

Pentru a se reduce la minimum capacitatea de adsorbție a aparatelor de laborator pentru preparatul radioactiv din abur, se spală aceste aparate în prealabil cu o soluție din aceeași sare neradioactivă, iar o cantitate anumită din această soluție este lăsată în vas înainte de luarea probei.

Procedeul determinării radioactivității rezidiului permite să se măsoare cantități foarte mici de săruri din abur: se poate astfel ajunge a se determina 0,00001 mg/kg. Acest procedeu este deci de o sensibilitate de aproximativ 100 ori mai mare decît cea care este practic necesară. In Institutul de Energetică „G. M. Krjijanovski" al Academiei de Științe a U.R.S.S., metoda izotopilor radioactivi a fost utilizată la studierea variației antrenării sărurilor și în legătură cu o serie de factori care pot influența această antrenare.

S-a folosit sulfatul de sodiu și s-a cercetat variația coeficientului de antrenare în funcție de canititatea de sulfat de sodiu (Na_2SO_4) în apă de cazan pentru cazul unei încărcări mici, de 100 kg/m^2/h, a suprafeței de vaporizare. S-a

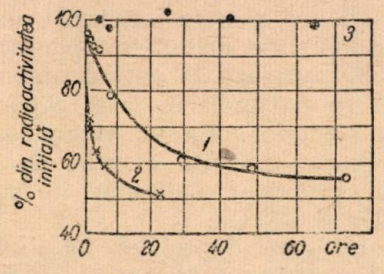


Fig. 1. — Adsorbția $Na_2HP^{32}O_4$ de sticla vasului. 1 — activitatea inițială 254 înreg/min.; 2 — activitatea inițială 34 înreg/min.; 3 — idem cu adaos de sare neradioactivă.

constatat că acest coeficient de antrenare variază puțin, cu toată variația intensă a cantității de sulfat de sodiu introdusă în apă (de la 1 pînă la 50 000 mg/kg).

Metoda Institutului de Energetică al Academiei de Științe a U.R.S.S. a fost aplicată în laboratorul de instalații de cazane din Institutul Energetic „Molotov" din Moscova, la instalații semiindustriale; T. H. Margulova a studiat experimental relația dintre calitatea aburului, sarcină și presiunea pînă la 200 at.

Pentru un abur care conține săruri în cantitate mai mare, au fost comparate rezultatele metodelor chimico-analitice obișnuite, cu datele obținute prin metoda izotopilor radioactivi. Rezultatele studiului comparativ s-au dovedit perfect satisfăcătoare în ce privește eficiența metodei izotopilor radioactivi.

In fig. 2, se arată cum variază umiditatea aburului cu încărcarea oglinzii de vaporizare; din grafic reese concordanța dintre cifrele obținute în experiențele cu fosforul radioactiv și

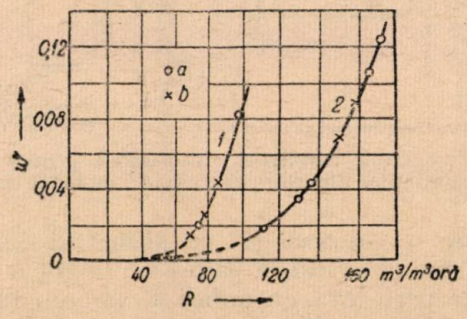


Fig. 2. — Dependența umidității w a aburului, de încărcarea R oglinzii de vaporizare. 1) p=185 at; 2) p = 155 at; a — experiențe executate cu fosfor radioactiv; b — determinarea ionului fosfat prin metoda colorimetrică.

cele obținute prin determinarea ionului fosfat prin metoda colorimetrică.

La aceste instalații, rolul adsorbției s-a dovedit și mai important, iar adaosul de sare neradioac-

tivă s-a arătat ca absolut necesar. Pentru astfel de instalaţii este necesară o cantitate mult mai mare de preparat radioactiv.

Experienţele au arătat că pentru o cercetare care să dea rezultate concludente este suficient ca, pentru o tonă de apă de cazan, să se introducă o cantitate de izotopi radioactivi a cărei radiaţii să aibe valoarea de circa 100 milicurii.

Foarte eficace pentru instalaţiile experimentale semiindustriale, metoda izotopilor radioactivi va putea fi aplicată la studiul antrenării impurităţilor în cazanele de mare capacitate din centralele electrice. La un volum de 30—50 tone, se poate executa o astfel de cercetare consumînd preparat radioactiv în valoare de aproximativ 3—5 Cu.

Important este faptul că folosind această metodă se pot înregistra nu numai rezultatele medii pentru un interval mai mare de timp (24 ore) ci şi variaţia în orice moment (variaţia instantanee) a purităţii aburului, ceea ce are o deosebită importanţă în studiul proceselor tranzitorii.

De fapt rezultatele concretizate în raportul dintre radioactivitatea probelor de abur (condensat) şi cea a apei de cazan, deşi numită convenţional „instantanee", reprezintă în realitate tot valorile medii w însă pentru un interval de timp relativ mic, corespunzător duratei luări probelor (10—20 secunde).

In Institutul termotehnic industrial din Moscova s-a efectuat cercetarea de către M. A. Stîrikovici, L. S. Sterman şi A. V. Surnov cu o instalaţie experimentală a cărei schemă este dată în fig. 3. Drept element principal, instalaţia are o coloană (1) cu diametrul interior de 238 mm şi avînd în partea interioară o placă metalică perforată cu orificii de 10 mm în diametru, uniform distribuite.

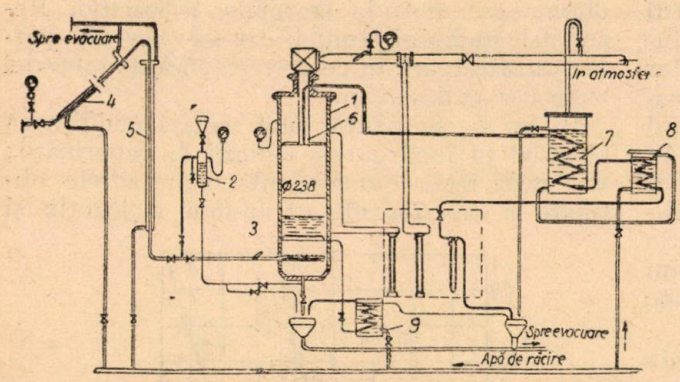


Fig. 3. — Schema instalaţiei experimentale pentru determinarea impurităţilor din abur, prin metoda izotopilor radioactivi.

Aburul supraîncălzit trece prin răcitoarele 4 şi 5 iar după aceia pătrunde în coloană sub placa perforată prin dispozitivul 3 care are orificii de 5 mm. Reglînd debitul apei de răcire se poate obţine ca nivelul apei din coloană să rămînă constant în tot timpul experimentării.

Alimentarea cu soluţii, printre care şi soluţia radioactivă, se face prin dozatorul 2, probele de apă „de cazan" se iau prin răcitorul 9 iar probele de abur se prelevează cu ajutorul ţevii 6 şi a răcitoarelor 7 şi 8. Construcţia şi destinaţia celorlalte elemente ale instalaţiei reies din schema din fig. 3.

Determinarea impurităţilor din abur cu ajutorul izotopilor radioactivi s-a efectuat de cercetătorii citaţi, prin două metode : *a*) urmărind descreşterea radioactivităţii izotopilor în apa „de cazan" într-un anumit interval de timp ; *b*) folosind raportul dintre radioactivitatea condensatului şi cea a apei cu care se experimentează şi în care s-au dizolvat în prealabil sărurile radioactive artificiale.

Intr-o serie de experienţe paralele, efectuate pentru a se putea face comparaţia şi verificarea, s-a determinat umiditatea aburului după descreşterea concomitentă a concentraţiei de clorură şi sulfat de sodiu sau numai după scăderea concentraţiei uneia din aceste săruri în timpul experienţei.

Valorile pentru umiditate au fost calculate după valoarea antrenării electroliţilor, pornindu-se de la ipoteza că concentraţia electroliţilor în picăturile antrenate are aceeaşi valoare cu concentraţia sărurilor din apa „de cazan" ; ipoteza s-a bazat pe numeroasele experienţe care au arătat că se poate face această aproximare.

In această experienţă, coloana experiementală, după stabilirea regimului necesar, a fost alimentată cu o soluţie conţinînd sulfat de sodiu ($Na_2\ SO_4$) sau un amestec de sulfat de sodiu şi clorură de sodiu ($Na_2\ SO_4$ şi Na Cl) şi sulfat de sodiu cu sulf radioactiv ($Na_2S^{35}O_4$).

Existenţa sulfului radioactiv a permis să se facă determinarea coeficientului w în funcţie de variaţia radioactivităţii apei „de cazan". Folosirea cantităţilor relativ ridicate de sulfat de sodiu neradioactiv în raport cu cel radioactiv au permis reducerea la minimum a erorilor legate de adsorbţia sării radioactive de către pereţii coloanei experimentale.

Probele care au servit la determinarea valorilor w au fost luate după 1—2 ore de la stabilirea regimului necesar. Proba de condensat s-a luat din condensatul evacuat ; viteza aburului la intrarea în dispozitivul de luare a probei a fost luată egală cu viteza aburului din conducta de evacuare.

Radioactivitatea probelor s-a determinat prin măsurarea radioactivităţii sedimentului obţinut prin evaporarea unor mici cantităţi din soluţiile menţionate (de obicei 0,5—3 ml) în creuzete speciale de aluminiu (sau de alamă) cu pereţii subţiri, aşa cum s-a arătat mai înainte.

Datele experimentale obţinute de autorii citaţi, pentru valorile w determinate prin descreşterea concentraţiei NaCl şi Na_2SO_4 concordă cu valorile stabilite cu ajutorul izotopilor radioactivi atît după valoarea descreşterii radioactivităţii apei „de cazan" în timpul experienţei cît şi după raportul dintre radioactivitatea aburului condensat şi cea a apei "de cazan".

La studierea calităţii aburului, fie prin metoda analitică, fie cu ajutorul izotopilor radioactivi,

umiditatea aburului se determină deobicei după cantitatea de electrolit antrenat. Deşi această valoare nu reprezintă de fapt decît coeficientul de antrenare a diferiţilor electroliţi, totuşi coeficientul de antrenare poate fi considerat egal cu valoarea umidităţii, admiţîndu-se că concentraţia electroliţilor în picăturile de apă din abur este identică cu concentraţia electroliţilor în apa „de cazan".

In acest domeniu s-au efectuat o serie de cercetări în ultimul timp ; astfel K. A. Blinov şi I. P. Karzov au arătat că în ce priveşte cantitatea picăturilor proiectate de pe oglinda de vaporizare, ea nu depinde de natura electrolitului dizolvat în apă.

Cercetările permit să se presupună că concentraţia electroliţilor în umiditatea aburului (apa din abur), formată prin distrugerea bulelor şi prin alte feluri de fracţionare a apei în cazan, este egală (în limitele cu care aceste mărimi pot fi măsurate cu precizie) cu concentraţia lor în apa de cazan.

In afară de aceasta trebuie să se ia în considerare faptul că valorile absolute ale umidităţii aburului interesează numai în legătură cu antrenarea sărurilor prin intermediul acestei umidităţi. Deoarece coeficienţii de antrenare a electroliţilor sînt egali în acelaşi regim, stabilirea valorii adevărate a umidităţii nu ar prezenta interes practic chiar dacă valorile absolute ale umidităţii ar diferi de coeficienţii de antrenare.

De aceia, dacă solubilitatea sărurilor în abur nu are o importanţă predominantă şi antrenarea sărurilor este legată exclusiv de antrenarea picăturilor de apă cu aburul, valorile coeficienţilor de antrenare a electroliţilor principali conţinuţi de obicei în apele de cazan permit să se facă determinarea umidităţii în funcţie de antrenarea acestor săruri, prin metodele analitice obişnuite.

Determinările cantitative ale conţinutului foarte mic, greu dozabil pe cale analitică, de săruri în aburul care spală paletele turbinelor, a dobîndit în izotopii radioactivi un mijloc de a folosi o metodă de mare sensibilitate şi precizie, foarte necesară pentru controlul permanent al calităţii aburului şi susceptibilă de perfecţionări în perspectiva foarte apropiată.

Bibliografie:

[1] *M. A. Stirikovici şi I. G. Vinokur* : „Experienţa utilizării izotopilor radioactivi la studiul antrenării sărurilor prin abur". Dokladî Akademii Nauk U.R.S.S., 1953, tom. XC nr. 2

[2] *I. M. Kostrikin* : „Cauzele impurificării aburului din cazane" Elektriceskie stanţii 1/1953.

[3] *M. A. Stirikovici, L. D. Sterman, A. V. Surnov* : „Studiul antrenării sărurilor cu aburul, cu ajutorul izotopilor radioactivi". Teploenerghetika 2/1955.

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ

SUDURA ELECTRICĂ LA TEVILE DE ÎNALTĂ PRESIUNE

Sudura cu arc electric, după metoda inginerului sovietic N.G. Slavianov, este foarte răspîndită pe şantierele noastre de electrificare.

Acest fel de sudură tinde să înlocuiască tot mai mult vechile metode mecanice de îmbinarea metalelor prin nituri, mandrine, şuruburi, buloane etc.

Procedeele de sudură electrică sînt simple, dar aplicarea sudurilor întîmpină încă dificultăţi.

Pentru a se evita repetarea unor noţiuni principale bine cunoscute, în cele ce urmează se vor descrie numai unele particularităţi, caracteristice sudării conductelor de înaltă presiune ale cazanelor cu abur, cu o presiune de peste 40 at şi peste temperatura de 450°, făcute din oţeluri carbon-crom-molibden.

Sudura acestor conducte se execută cu respectarea prescripţiilor inspecţiei de stat pentru controlul cazanelor din direcţia generală a metrologiei.

Siguranţa conductei în exploatare este determinată în principiu de executarea corectă a acestor lucrări de sudură şi de respectarea cu strictețe a prescripţiilor.

Inainte de începerea lucrărilor, se face mai întîi alegerea sudorilor electrici, care trebuie să aibă o înaltă calificare profesională şi în acest scop au dat un examen teoretic şi practic, pe baza căruia au obţinut certificat pentru executarea sudurilor de înaltă presiune.

Este obligatoriu ca fiecare sudor să-şi poanseneze sudurile executate cu iniţialele numelui, sau cu numărul de ordine dat ; în felul acesta se poate stabili răspunderea.

Verificarea sudurilor. Fiecare sudor execută probe de sudură standardizate din acelaşi material şi al conductelor ce se sudează. Probele de sudură se trimit la un laborator şi se supun la tracţiune. Sudura trebuie să aibă rezistenţa de tracţiune la fel cu a oţelului de bază. Probele de sudură care se supun la încovoiere trebuie să aibă acelaşi unghi de îndoire cu al metalului de bază. Se mai fac şi probe chimice metalografice asupra sudurilor, unde se constată gradul de omogenitate între metalul de bază şi cel de adaos. Aceste verificări ale sudurilor se fac atît la începutul cît şi în timpul lucrărilor : după fiecare 50 de cusături, se sudează o cusătură de probă.

Controlul metalului de adaos. Se fac epruvete standardizate numai cu metalul depus de electrod şi sînt supuse probelor de tracţiune. Rezistenţa la rupere trebuie să corespundă cu rezistenţa cerută

de STAS-ul fiecărei calități de electrod. Se mai fac asupra epruvetelor încercări de alungire, duritate și rezistență.

Sîrma electrodului va fi din oțel de aceeași calitate cu cel al conductelor de sudat. Un mare rol îl are pasta din jurul electrodului. Din această cauză electrozii trebuie păstrați în locuri uscate, fără umezeală, pentru a nu se umezi stratul de pastă. Este necesar ca electrozii să fie uscați printr-o metodă oarecare, înainte de a fi întrebuințați.

Pregătirea conductelor. Cea mai mare atenție trebuie dată pregătirii capetelor țevilor prin teșirea muchiei, în special la conductele din oțeluri-carbon-crom-molibden. Aceasta din cauză că rostul la rădăcina cusăturii trebuie să fie perfect uniform și trebuie asigurată pătrunderea sudurii la rădăcină. In acest scop, se face sudura cap la cap cu inele de adaos, teșite la muchii, care asigură pătrunderea sudurii în întreaga cusătură. Țevile care au grosimea pereților mai mică de 5 mm, se sudează uneori fără teșirea muchiilor. La o grosime a peretelui mai mare de 5mm, se face o teșire de 30°—40° pe o distanță de 3—5 mm.

Sudarea conductelor. Sudarea conductelor din oțel-carbon-crom-molibden, trebuie făcută cu o preîncălzire pînă la 200°—300°C. In decursul întregului proces de sudare, temperatura cusăturii nu trebuie să scadă sub 200°C. Dacă sudarea este întreruptă, se va asigura răcirea înceată, iar la reluarea sudurii, cusătura va fi din nou încălzită pînă la 200°. Sudura conductelor din acest oțel nu este permisă în curenți de aer sau la o temperatură joasă a mediului înconjurător. O răcire rapidă a cusăturii poate produce crăpături. Nu se admit suduri sub temperatura de —10°C.

Temperatura joasă a mediului înconjurător, în timpul sudării, are urmări asupra calității cusăturilor sudate. Dacă sudorul trebuie să lucreze în haine grele, incomode, el obosește repede, ceea ce nu numai că reduce productivitatea muncii, dar dăunează și calității sudurii.

Din practică s-a constatat că vîntul mărește foarte mult influența gerului asupra sudorului. De exemplu la o temperatură de — 15°, gerul are o influență mai mică asupra calității lucrului sudorului dacă el este apărat de vînt în locul unde sudează. De asemenea acțiunea directă a vîntului asupra îmbinării care se sudează, face să se mărească cedarea de căldură și deci și viteza de răcire a zonei învecinate ceea ce nu este admisibil, De aceea, pentru a feri de vînt locul de sudură se pot folosi gherete mobile de placaj sau corturi din pînză groasă.

Datorită încălzirii puternice și a răcirii care nu se poate face chiar în mod lent în locul sudării structura metalului din zona influențată termic, suferă o înrăutățire. Pentru aceasta, se aplică conductelor, în locul de sudură tratamente termice. Se face recoacerea sudurii prin încălzirea cusăturilor prin diferite procedee (inducție termică etc.) pînă la o temperatură de 820°—930°C, urmată de o răcire înceată. Astfel se obține formarea unei structuri mai fine a cusăturii, mărindu-se tenacitatea metalului și micșorarea tensiunilor interne. Durata menținerii la temperatura de recoacere, se ia calculînd 0,75 pînă la 1′ pentru fiecare milimetru de grosime a peretelui conductei.

Intotdeauna calitatea sudurii depinde în mare măsură de : calificarea sudorului, calitatea metalului de adaos (electrozi), temperatura locului de sudură, influența înconjurătoare; anularea tensiunilor interne, intensitatea curentului.

Acești factori sînt independenți și numai prin coordonarea judicioasă a fiecăruia, se poate obține o sudură de calitate superioară.

Controlul sudurilor. Controlul sudurilor se face de oameni specializați făcînd diferite probe și anume : de suprafață, după aspect, acustice, de duritate, electrice și magnetice.

In general aceste probe dau rezultate aproximative, controlul sudurii fiind încă o problemă de actualitate. Controlul cu raze X, deși dă rezultate bune este însă scump și destul de dificil, va trebui să se găsească un procedeu pentru a se putea face un control rapid și ieftin. Problemele de calitate ale sudurii sînt strîns legate de problemele controlului.

La controlul sudurilor, se pot găsi defecte externe, interne și de structură.

a) Defectele externe sînt : neuniformitatea straturilor, straturi executate în fugă, necontinuitate ; șanțuri ,revărsări, scurgeri, dimensiunile cusăturilor neuniforme și necorespunzătoare.

b) Defectele interne, cele mai des întîlnite sînt nepătrunderea, pori, incluziuni nemetalice (zgură)

c) Ca defect de structură putem cita granulația prea mare.

Probe de presiune. Inainte de a fi date în exploatare, conductele trebuie încercate la presiuni, pentru verificarea rezistenței și etanșeității. Se pot folosi două metode de încercare a conductelor :

1. Incercarea hidraulică cea mai obișnuită, presiunea necesară din conductă obținîndu-se cu apa sub presiune, cu ajutorul unei pompe speciale de mînă.

2. Incercarea pneumatică, la care presiunea necesară se obține prin aer sub presiune, este o încercare mai pretențioasă și mai puțin folosită. Se folosește acolo unde este interzis să se introducă apa în conductă.

Și într-un caz și într-altul, conductele se încearcă la rece, cu o presiunea care depășește în medie 50% din presiune de lucru. Cînd se întîmplă în unele locuri să se găsească defecte, se taie și se sudează din nou.

Ing. V. Moldoveanu

DISPOZITIVE DE SIGURANŢĂ CU ÎNĂLŢIME REDUSĂ PENTRU CAZANE DE ABUR DE JOASĂ PRESIUNE

Dispozitivul de siguranţă cu o singură coloană de apă pentru presiuni de 0,5 at are o înălţime totală de circa 6 m. In cele mai multe cazuri această dimensiune depăşeşte înălţimea sălii cazanelor şi atunci se recurge fie la executarea unui cămin în pardoseală, fie că se scoate ţeava pe un coridor sau în etajul superior, pod etc.

In cele ce urmează se descrie şi se dă metoda de calcul pentru un dispozitiv de siguranţă cu înălţimea redusă pentru cazanele de abur de joasă presiune şi se dă şi un exemplu numeric.

Fig. 1

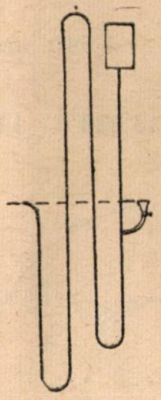


Fig. 2

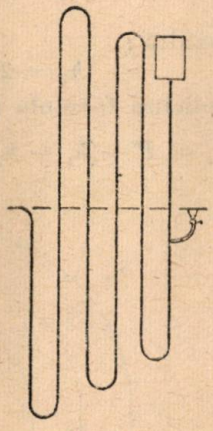


Fig. 3

Dispozitivele de siguranţă pentru cazanele de joasă presiune pot fi clasate în trei categorii : cu una, cu două şi trei coloane de apă, conform fig. 1, 2 şi 3.

Pentru calcul luăm dispozitivul cu trei coloane de apă. Dispozitivul funcţionează pe acelaşi principiu ca şi cel cu o singură coloană de apă. Cele trei coloane de apă sînt în legătură directă cu două coloane de aer intermediare care primesc, trasmit şi însumează presiunile coloanelor de apă la o presiune unitară totală.

Fig. 4 reprezintă dispozitivul înainte de a fi pus în funcţiune, apa fiind la nivelul pîlniei în toate coloanele.

Fig. 5 reprezintă dispozitivul în funcţiune.

In fig. 4 şi 5 :

P este presiunea atmosferică în mm C.A.

P' — P + presiunea aburului din cazan în mm C.A.

p_1 şi p_2 — presiunea aerului în mm C.A.

v_1 şi v_2 — vol. aerului la presiunea P în mm.

v_1' şi v_2' — volumul aerului la presiunea p_1 şi p_2 în mm.

Pentru simplificare, volumele v_1, v_2, v_1' şi v'_2 au fost luate în lungimi de coloană.

Pentru starea de echilibru şi cînd h_1 este cunoscut vom avea relaţia :

$$P' = h_1 + p_1$$

de unde :

$$p_1 = P' - h_1. \qquad (1)$$

Din fig. 4 se poate vedea că $v_1 = h_1$ neglijînd

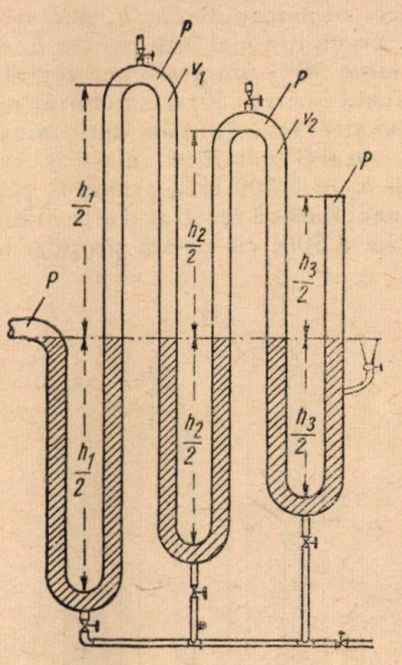


Fig. 4

deocamdată lungimea părţii curbe a ţevii şi conform legii lui Mariotte avem :

$$V_1' = \frac{V_1 P}{p_1} = \frac{v_1 P}{P' - h_1}. \qquad (2)$$

Din fig. 5 se poate vedea că :

$$\frac{h_2}{2} = v_1' - \frac{h_1}{2} \qquad (3)$$

de unde :

$$h_2 = 2 v_1' - h_1 = \frac{2 v_1 P}{P' - h_1} - h_1. \qquad (4)$$

Pentru calcularea lui h_3 procedăm în acelaşi mod ca pentru h_2 : $P' = h_1 + h_2 + p_2$

de unde :

$$p_2 = P' - (h_1 + h_2) \qquad (5)$$

$$v_2' = \frac{v_2 P}{p_2} \qquad (6)$$

$$\frac{h_3}{2} = v_2' - \frac{h_2}{2} \qquad (7)$$

de unde :

$$h_3 = 2 v_2' - h_2 = \frac{2 v_2 P}{P' - (h_1 + h_2)} - h_2 \qquad (8)$$

Exemplu numeric. Să se determine dimensiunile unui dispozitiv de siguranță cu 3 coloane pentru un cazan de abur de 0,5 at țeava fiind de 82,5/89 mm diametru.

Pentru evitarea pericolului de scoatere din funcție a dispozitivului prin aruncarea apei la cea mai mică creștere de presiune peste 0,5 at vom lua o acoperire de 10% ; astfel vom considera pentru abur o presiune de 5 500 mm. C.A.

Obținerea dimensiunilor h_1, h_2 și h_3 se face prin tatonare. Se va lua mai întîi pentru h_1 o valoare egală cu circa 50% din presiunea reglată în mm C.A. (în cazul nostru 550) și întrebuințînd formulele de mai sus (1)...(8) vom determina pe h_2 și h_3. Dacă totalul valorilor alese și rezultate : $h_1 + h_2 + h_3 = 5\,500$ mm, atunci h_1 a fost bine ales. In cazul însă că rezultatul este mai mare sau mai mic de 5 500, cît ne-am propus, atunci se

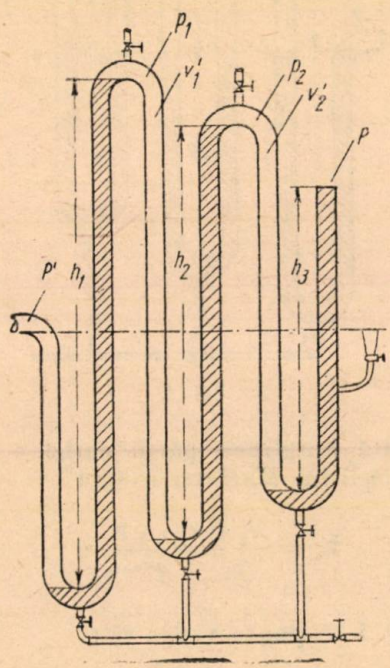


Fig. 5

va relua calculul cu un h_1 mai mic sau mai mare și se repetă calculul pentru h_2 și h_3 pînă cînd suma $h_1 + h_2 + h_3 = 5\,500$ mm.

La calcul se va lua în considerație și volumul părții curbe a țevii conform fig. 6.

Din fig. 4 și 5 :

$P = 10\,333$ mm C.A.

$P' = 10\,333 + 5\,500$ mm C.A.

$v_1 = h_1 + 217$ mm — pentru țeava de 82,5/89 mm diam.

$v_2 = h_2 + 217$ mm " " " " mm diam.

Pentru h_1 s-au luat diferite valori pînă s-a ajuns la $h_1 = 2\,790$ mm care satisface egalitatea ca :

$$h_1 + h_2 + h_3 = 5\,500 \text{ mm}$$

aplicînd formula (1)

$$p_1 = P' - h_1 = 15\,833 - 2\,790 = 13\,043$$

aplicînd formula (2)

$$v_1' = \frac{v_1 P}{p_1} = \frac{3\,007 \cdot 10\,333}{13\,043} = 2\,382$$

aplicînd formula (3)

$$\frac{h_2}{2} = v_1' - \left(\frac{h_1}{2} + 217\right) = 2\,382 - 1\,612 = 770$$

rezultă :

$$h_2 = 2 \cdot 770 = 1\,540 \text{ mm}$$

aplicînd formula (5)

$$p_2 = P' - (h_1 + h_2) = 15\,833 - 4\,330 = 11\,503$$

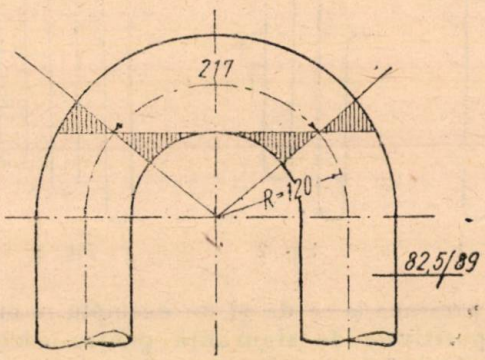


Fig. 6

aplicînd formula (6)

$$v_2' = \frac{v_2 P}{p_2} = \frac{1\,757 \cdot 10\,333}{11\,503} = 1\,578$$

aplicînd formula (7)

$$\frac{h_3}{2} = v_2' - \left(\frac{h_2}{2} + 217\right) = 1\,578 - 987 = 591$$

rezultă :

$$h_3 = 2 \cdot 591 = 1\,182 \text{ mm}$$

Verificare :

$$H = h_1 + h_2 + h_3 = 2\,790 + 1\,540 + 1\,182 = 5\,512 \text{ mm.}$$

Rezultatul este cu 0,2% mai mare, deci admisibil.

Ing. A. Ionescu

PENTRU EVITAREA AVARIILOR PROVENITE IN URMA SUPRASOLICITĂRII APARATAJULUI DE PROTECŢIE

Un caz specific şi interesant al defectării părţii mecanice a aparatului de protecţie (relee) a fost semnalat la releul întrerupătorului unui transformator care alimenta un mare consumator, cu o sarcină foarte variabilă, respectiv cu şocuri puternice şi de scurtă durată.

In această situaţie releul demara la majoritatea şocurilor, iar datorită faptului că aceste erau mai mici decît timpul de reglaj al releului, întrerupătorul deconecta relativ rar.

Tipul releului RSZ 3 f cu caracteristică independentă.

Schema conexiunilor interioare al releului este reprezentată în fig. 2. Elementele de intensitate

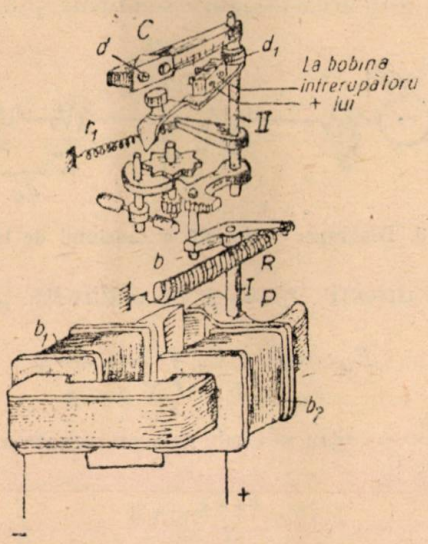


Fig. 1

ABC, cînd se depăşeşte intensitatea reglată, închid contactele C_1, C_2, C_3 prin care plusul bateriei de acumulatoare de la borna *6* a releului merge la electromagnetul mecanizmului de ceasornic k, primind în acelaşi timp minusul de la borna *5* a releului.

Detaliul mecanismului de orologiere *k* se vede în fig. 1. Electromagnetul are un miez în formă de U avînd 2 bobine b_1, b_2 (legate în serie sau în paralel, după caz).

La partea deschisă a miezului există o paletă *P* fixată pe axa *1* şi care, datorită braţului *b* şi a resortului *R* este în mod normal în poziţie deschisă datorită tensiunii resortului *R*. In această poziţie braţul *b* roteşte braţul *C* spre stînga prin intermediul unui bolţ, fapt prin care resortul r_1 al mecanismului de ceasornic se armează iar şi contactul *d* se îndepărtează de contactul d_1.

De îndată ce bobinele b_1 şi b_2 primesc tensiune, cîmpul magnetic atrage armăturile paletei *P*, resortul *R* se întinde şi braţul *b* dă libertate de mişcare bolţului, respectiv a întregii axe *II* sub acţiunea resortului r_1 deja armat; astfel după un timp mai lung sau mai scurt, contactul *d* stîngînd pe d_1 va provoca deconectarea întrerupătorului.

Intensitatea din circuit scăzînd, contactele de demaraj C_1 C_2, C_3 se deschid, de aceea dispare şi cîmpul magnetic al electromagnetului, iar paleta *P* revine în poziţia iniţială sub acţiunea resortului *R*, dar în acelaşi timp braţul *b* loveşte puternic bolţul braţului *C*, deschizînd contactele *d* şi d_1.

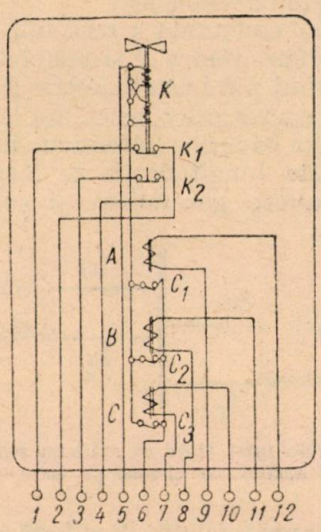


Fig. 2

Prin desele demarări ale releului, bolţul braţului *C* a primit multe lovituri (şocuri) de revenire, a slăbit materialul, din care cauză s-a rupt astfel că la reconectarea întrerupătorului acesta a fost din nou deconectat. In urma acestui fapt s-a bănuit un defect în interiorul transformatorului; în schimb releul de gaze n-avea nici gaze şi nici aer.

Cercetîndu-se mai amănunţit bolţul în cauză a fost găsit rupt, datorită suprasolicitărilor.

Ca măsură de prevenire se acoperă bolţul cu un tub de cauciuc de 0,5 mm grosime pentru a amortiza şocurile primite de la braţul *b*. O altă măsură ce se poate lua e aceea de a se schimba resortul *R* cu altul cu un diametru mai mare pentru a nu avea la începutul destinderii un efort prea mare.

I. Şala

REGLAREA TENSIUNII ÎN SISTEMELE ENERGETICE

Conf. ing. C. I. PENESCU

Exploatarea rațională a sistemelor energetice cere ca frecvența și tensiunea, atît în punctele unde sînt racordați consumatorii, cît și în alte puncte, să fie cît mai constantă posibil; aceasta determină atît îmbunătățirea calității energiei electrice livrate consumatorilor, cît și avantaje de ordin tehnico-economic.

Menținerea constantă a tensiunii nu se poate obține, în vreun punct al sistemului, fără modificarea vreunui parametru electric (forța electromotoare a generatorilor, reactanța longitudinală, etc,) din cauza căderilor de tensiune în reactanțele și rezistențele longitudinale ce leagă între ele diversele puncte generatoare și consumatoare.

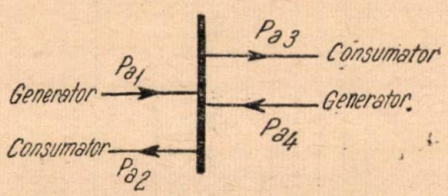


Fig. 1. Barele unei stații cu arătarea sensului puterilor active ce circulă pe bare.

Dacă se consideră (fig. 1) o bară a unei stații la care se dorește a se studia variațiile de tensiune, se poate conveni aproximativ la următoarele:

— se consideră ca surse generatoare legăturile pe care, în mod normal, puterea activă este îndreptată spre bare (sens pozitiv);

— se consideră „consumatorii" legăturile pe care, în aceleași condiții, puterea activă este îndreptată, dinspre bare în afară (sens negativ)

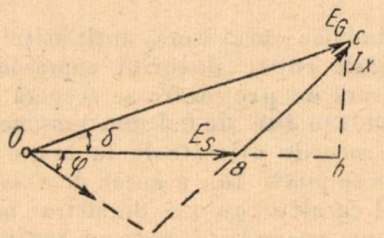


Fig. 2. Înlocuirea schemei de la fig. 1 printr-o schemă echivalentă.

În acest caz se pot înlocui (fig. 2) sursele generatoare printr-un generator echivalent de reactanță longitudinală sincronă X_G și elementele de legătură printr-o reactanță echivalentă X_S; în același mod consumatorii pot fi înlocuiți printr-o impedanță $Z_C(X_C, R_C, \cos \varphi_C)$. Dacă se scrie valoarea tensiunii pe barele stației se obține relația:

$$\bar{E}_S = \bar{E}_G - \bar{I}\cdot(\bar{X}_G + \bar{X}_S) = \bar{E}_G - \bar{I}\,\bar{X}. \qquad (1)$$

Diagrama vectorială a acestei relații este dată în fig 3; din această figură se obține, prin proiecțiile pe direcția lui E_G și pe o direcție perpendiculară:

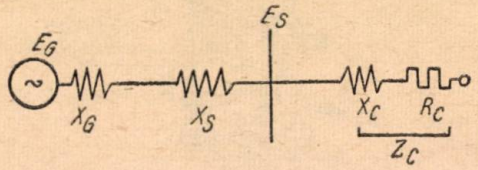


Fig. 3. Diagrama vectorială a tensiunii de la fig. 2.

$$E_G \cos \delta = E_S + I X \sin \varphi \qquad (2)$$

$$E_G \sin \delta = I X \cos \varphi \qquad (3)$$

de unde se obțin valorile puterii active și reactive debitate [1])

$$P = \frac{E_G E_S}{X} \sin \delta \qquad (4)$$

$$Q = \frac{E_G E_S}{X} \cos \delta - \frac{E_S^2}{X}. \qquad (5)$$

Se observă că pentru parametrii electrici E_G și X constanți, tensiunea E_G pe bare este univoc determinată de valorile puterilor active și reactive ca și de mărimea unghiului δ (unghiu electric).

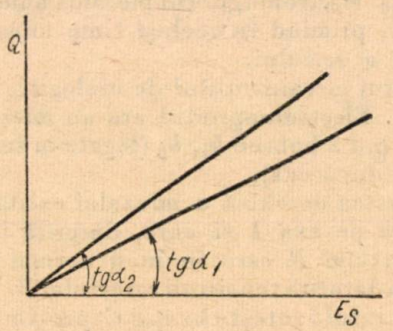


Fig. 4. Variația puterii active cu tensiunea.

În fig. 4 sînt date variațiile puterii active

[1]) În privința puterii reactive se face aceeași convenție cu privire la sens ca la puterea activă; evident însă că o sursă generatoare de putere activă poate avea o putere reactivă negativă.

funcție de tensiunea E_s pentru δ parametru; se observă că variația aceasta poate fi reprezentată prin drepte avînd coeficientul unghiular:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E_G}{X} \sin \delta$$

maximum la $\delta = 90°$. În fig. 5 sînt arătate variațiile puterii reactive în aceleași condiții (δ

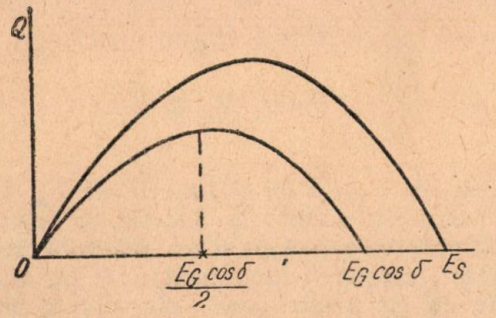


Fig. 5. Variația puterii reactive cu tensiunea.

parametru, E_G și X constanți). Curbele reprezentative sînt în formă de clopot avînd un maxim:

$$\frac{dQ}{dE_S} = \frac{E_G}{X} \cos \delta - \frac{2E_S}{X} = 0$$

deci:

$$E_S = \frac{E \cos \delta}{2}$$

și trecînd prin zero pentru:

$$E_S = 0$$

și

$$E_S = E_G \cos \delta.$$

Se observă că prin variația lui δ între 0 și 90° maximul curbei $Q = f(E_S)$ se deplasează spre stînga descrescînd tot odată și în valoare.

La o valoare bine determinată a puterii aparente cerute

$$S = P + jQ \qquad (6)$$

rezultă că, în conformitate cu relațiile (4) și (5), se vor determina univoc E_S și δ:

$$\sin \delta \left(\cos \delta - \sin \delta \frac{Q}{P} \right) = \frac{PX}{E_G^2} \qquad (7)$$

$$E_G^2 = \frac{E_G^2 - 2QX + E_G^4 - 4X(QE_G^2 + XP^2}{2}. \qquad (8)$$

Puterea activă cerută este, pentru majoritatea instalațiilor electrice consumatoare, independentă, practic, de valoarea tensiunii E_S pe cînd cea reactivă crește odată cu această tensiune (prin creșterea pierderilor în fier). Din relațiile (7) și (8) se observă că orice creștere a puterii active va atrage o creștere a unghiului δ și o scădere a tensiunii E_S iar orice creștere a puterii reactive va atrage o scădere a unghiului δ și o scădere a tensiunii, pentru intervalul $0 \leqslant \delta \leqslant 90°$. Rezultă de aici că orice variații ale puterilor active sau reactive, vor fi însoțite de variații de tensiune de sens invers; pentru variații mici ale puterilor sistemul de alimentare este stabil adică se vor găsi noi valori de echilibru stabil. Într-adevăr (fig. 7) dacă se presu-

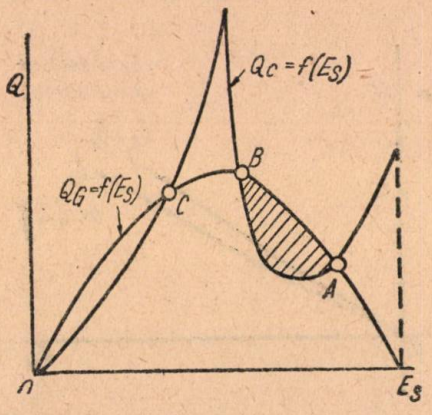


Fig. 6. Variația puterii reactive, debitele de generatori și absorbite de un motor asincron, funcție de tensiune.

pune o caracteristică $Q_G = f(E_S)$ descrescătoare cu tensiunea, se vede că la o variație a lui P_0 (o creștere) tensiunea E_S scade și crește unghiul δ; punctul de funcționare se deplasează din A_1 în B_1 pentru puterea activă și din A în B

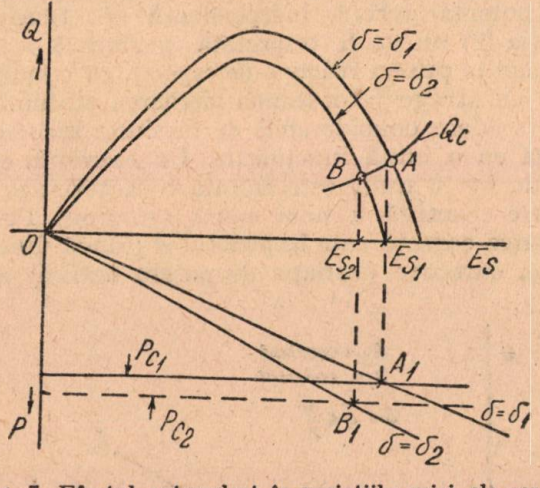


Fig. 7. Efectul autoreglant în variațiile mici ale sarcinilor pentru cazul variației sarcinii active.

pentru cea reactivă. Noile valori de echilibru vor fi în B_1 și B la tensiunea scăzută E_{S_2}.

Rezultă din fig. 7 și relațiile (7) și (8) că pentru ca funcționarea să fie stabilă trebuie ca domeniul de funcționare al caracteristicei $Q = f(E_S)$ să fie în partea descedentă iar domeniul de funcționare a lui $P = f(\delta)$ să fie în porțiunea ascendentă (puterea activă crește cu δ); prin urmare:

$$\frac{\partial P}{\partial \delta} > 0 \qquad (9)$$

și;

$$\frac{\partial Q}{\partial E_S} < 0. \qquad (10)$$

Relațiile (9) și (10) nu sînt altceva decît bine cunoscutele criterii de stabilitate statică

şi anume criteriul de stabilitate al puterii active (relaţia 9) şi criteriul de stabilitate al puterii reactive (relaţia (10).

Din cele de mai sus rezultă clar că variaţiile mici de sarcină nu perturbă stabilitatea sistemului; caracteristicile respective au un efect

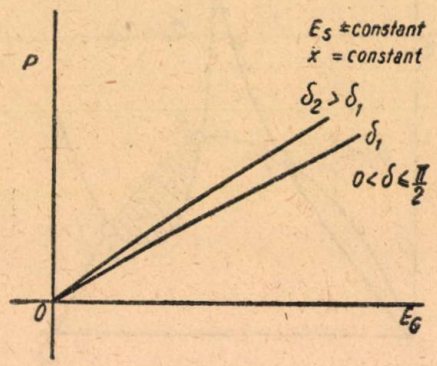


Fig. 8. Variaţia puterii active funcţie de f.e.m. a generatorului echivalent pentru E_S constant.

de autoreglare în sensul obţinerii de noi situaţii de echilibru. La variaţii mari de sarcină, stabilitatea statică este deranjată; aceasta se întîmplă pentru variaţiile atît de mari pentru care relaţiile (9) şi (10) nu mai sînt respectate. La puterea activă, independentă de tensiune relaţia (9) nu va fi respectată pentru $\delta > 90°$ pe cînd la puteri reactive nerespectarea condiţiei (10) nu atrage întotdeauna pierderea stabilităţii ci o scădere considerabilă de tensiune incompatibilă cu o bună funcţionare. Un exemplu este dat în fig. 6 unde este arătată caracteristica de putere reactivă a unui motor asincron. Funcţionarea corectă este în punctul A; dacă dintr-o cauză oarecare (variaţia de putere activă) ten-

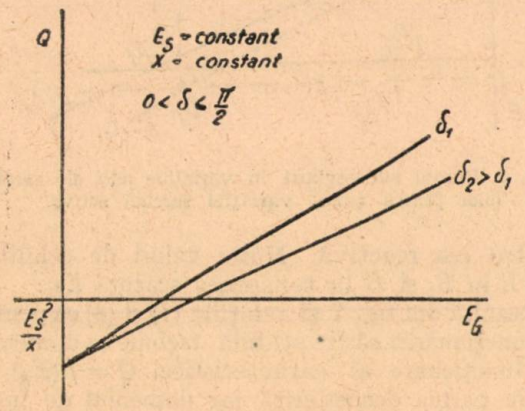


Fig. 9. Variaţia puterii reactive funcţie de f.e.m. cu a generatorului echivalent pentru E_S constant.

siunea a scăzut sub cea corespunzătoare punctului B noul echilibru se restabileşte deabia în C la o valoare considerabil scăzută a tensiunii şi reducerea cuplului motor (cuplul motor maxim are loc la maximul puterii reactive cerute de motor Q_{Cmax}). Punctul C reprezentînd un echilibru foarte puţin stabil din cauza unghiului apropiat de zero pe care îl fac cele două caracteristici se vede că prin urmare tensiunea poate scădea uşor pînă la zero; fenomenul se numeşte *„avalanşă de tensiune"*.

Pentru ca E_S să fie menţinut constant trebuie ca unul din parametrii E_G sau X să fie făcut variabil.

În cazul cînd E_G este variabil atunci:

$$P = f_1 (E_G, \delta) \tag{11}$$

$$Q = f_2 (E_G, \delta) \tag{12}$$

variaţia lui P şi a lui Q funcţie de E_S, δ fiind parametru este dată în fig. 8 şi fig. 9. Se observă că atît puterea activă cît şi cea reactivă cresc cu E_G liniar, creşterea fiind pentru P cu atît mai rapidă cu cît δ este mai mare ($\delta < 90°$) iar pentru Q cu atît mai rapid cu cît δ este mai mic. Prin relaţiile (11) şi (12) fiecăror valori ale lui P şi Q îi corespund valori bine determinate pentru δ şi E_G;

$$\sin \delta \left(\cos \delta - \sin \delta \frac{Q}{P}\right) = \frac{PX}{E_G^2} \tag{13}$$

$$E_G = \frac{1}{E_G} \sqrt{P^2 X^2 + (QX + E_S^2)^2} \tag{14}$$

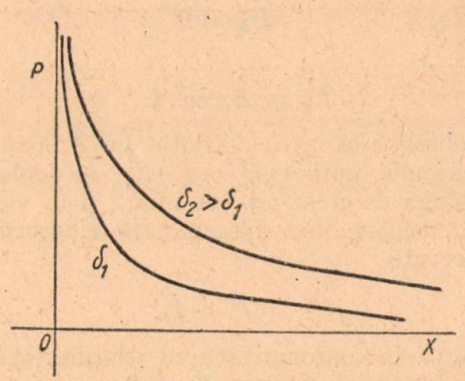


Fig. 10. Variaţia puterii active cu reactanţe de legături pentru E_S constant.

Cînd X este variabil atunci puterea activă şi cea reactivă variază după o lege hiperbolică cu X; în fig. 10 se arată variaţia puterii active, iar în fig. 11 variaţia puterii reactive (cînd $E_G > E_S$). Se observă că puterea activă este totdeauna pozitivă pentru $0 < \delta \leqslant \pi$ pe cînd puterea reactivă schimbă de semn pentru cos $\delta_0 = \frac{E_S}{E_G}$ devenind negativă; dacă $E_G < E_S$ atunci puterea reactivă este totdeauna negativă adică generatorul nu poate da ci trebuie să primească putere reactivă. Prin urmare alegerea unui nivel de tensiune E_S pe barele staţiei are

o deosebită importanţă determinînd sensul circulaţiei de putere reactivă; relaţiile care dau pe X şi δ în aceste condiţii sînt:

$$X = \frac{1}{Q}\left(\sqrt{E_G^2 E_S^2 - P^2 X^2 - E_S^2}\right) \qquad (14)$$

$$(\cos\delta - \frac{Q}{P}\sin\delta) = \frac{E_S}{E_G}. \qquad (15)$$

Reglarea tensiunii prin variaţia lui E_G înseamnă modificarea f.e.m. a generatoarelor adică a

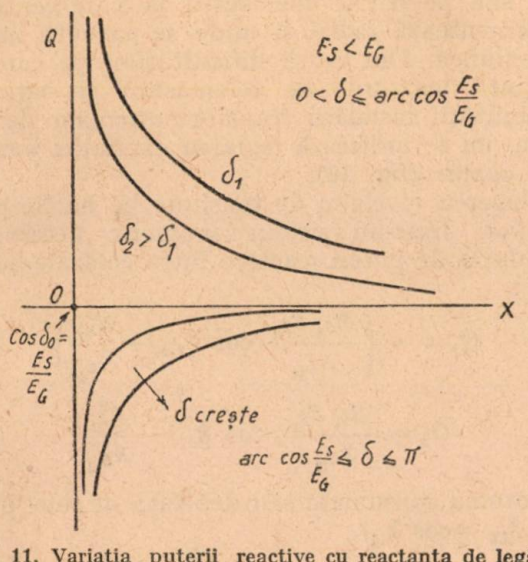


Fig. 11. Variaţia puterii reactive cu reactanţa de legătură pentru E_S constant.

curentului de excitaţie; pentru acest motiv metoda de reglare se numeşte *reglarea excitaţiei generatoarelor sincrone*. Reglarea excitaţiei generatoarelor sincrone se face intervenind în circuitul de excitaţie al excitatoarei fie prin variaţia reostatelor de excitaţie, fie prin alte moduri (de exemplu prin introducerea de curenţi suplimentari în excitaţie, proveniţi de la alte surse); în fig. 12 este arătată schema unei reglări prin variaţia de rezistenţă.

Reglarea tensiunii prin variaţia reactanţei longitudinale se face de obicei, la transformatorii

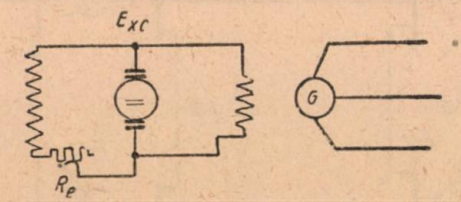


Fig. 12. Variaţia excitaţiei generatorului prin variaţia reostatului de excitaţie.

din sistem, prin variaţia raportului de transformare: reglarea *sub sarcină a prizelor transformatorului*. Dacă barele consumatorului sînt racordate printr-un transformator avînd un raport de transformare:

$$k_T = \frac{W_1}{W_2}. \qquad (16)$$

Se observă că:

$$E_S = \frac{\bar{E}_G - \bar{I}(\bar{X}_G + \bar{X}_L)}{k_T} - \bar{i}\,\bar{X}_T \qquad (17)$$

unde:

I este curentul în primarul transformatorului, iar i în secundar:

$$i = k_T I \qquad (18)$$

deci:

$$E_S = \frac{\bar{E}_G}{k_T} - \bar{i}\left(\frac{\bar{X}_G}{k_T^2} + \frac{\bar{X}_L}{k_T^2} + \bar{X}_T\right) = \bar{E}'_G - \bar{i}\,\bar{X}' \qquad (19)$$

Prin urmare, variind pe k_T se variază reactanţa de legătură formată din reactanţele generatorului a liniei şi a transformatorului, variindu-se totodată şi forţa electromotoare a generatorului; prin urmare reglarea este mixtă. În fig. 14 sînt arătate cîteva din modurile de reglare existente; în cazul (a) reglarea se face pe secundar, în cazul (b) pe primar. În cazul (c) este utilizat un auto-

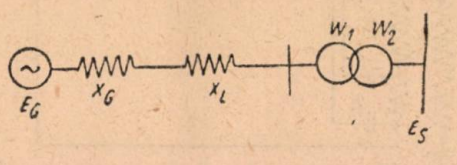


Fig. 13. Variaţia reactanţei de legături prin variaţia raportului de transformare.

transformator la care raportul de transformare este:

$$k_T = \frac{W_2' + W_1}{W_1} \qquad (20)$$

iar cazul (d) este o variantă a schemei (c) însă cu comutaţia treptelor în afară de circuitul prin-

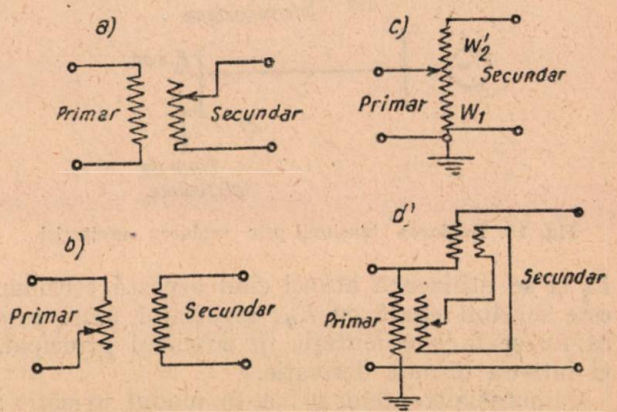


Fig. 14. Modurile de reglarea tensiunii prin transformator.

cipal. Schema aceasta din urmă este arătată mai detaliat în fig. 15; se întercalează pe linie un transformator T_1 în serie iar alt transformator T_2, în derivaţie serveşte pentru excitaţie. Se observă că dacă se notează prin:

$$k_{T_1} = \frac{W_0}{W_d} \qquad (21)$$

raportul de transformare a lui T_1 şi prin

$$k_{T_2} = \frac{W_a}{W_b} \tag{22}$$

al lui T_2 rezultă:

$$k_T = \frac{k_{T_1}}{k_{T_1} - k_{T_1}} \cdot \tag{23}$$

Acest sistem care derivă de la autotransformator, permite variaţii relativ mici ale tensiunii

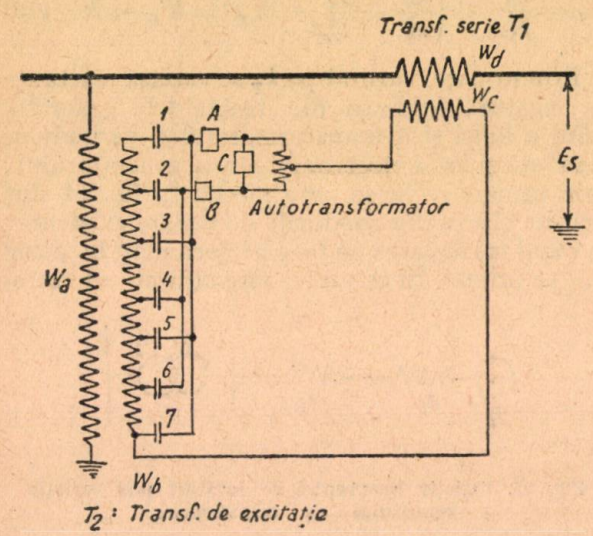


Fig. 15. Reglarea tensiunii prin transformator (prin transformator în serie).

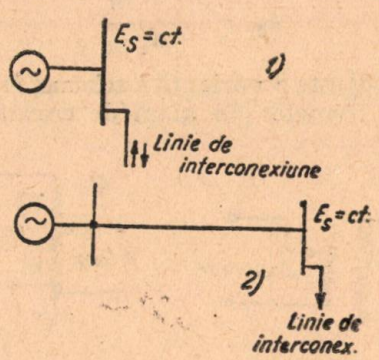


Fig. 16. Reglarea tensiunii prin reglarea excitaţiei.

E_g şi se utilizează atunci cînd această tensiune este sensibil egală cu E_G; avantajul mare este că nu se face comutaţia în circuitul principal, ci într-un circuit derivaţie.

Comutaţia treptelor se face în modul următor: în repaos unul din contactele *1*, *2* ... etc. e te închis corespunzător treptei alese; la fel şi întrerupătorul *C* sau unul din întrerupătoarele *A* sau *B*. De exemplu pe plotul *1* este închis contactul *1* şi întrerupătoarele *A* şi *C*. În acest fel autotransformatorul este străbătut de doui curenţi egali şi de sens contrar; fluxul este practic nul şi deci căderea de tensiune în acest transformator este datorită numai rezistenţei (foarte mică). Pentru a trece pe plotul următor se închide contactul *2* se deschide întrerupătorul *C*, se închide *B* se închide din nou *C* şi apoi se deschide contactul *1*. Procedeul este repetat pentru trecerea de la ploturile *1* la *7*. Trebuie observat că la reglarea prin autotransformatori este necesară legarea la pămînt a neutrului pentru a se evita supratensionarea înfăşurării la puneri la pămînt, arcuri intermitente, etc.

În sistemele energetice, ambele metode se utilizează simultan; reglarea excitaţiei generatorului se foloseşte pentru a menţine un nivel constant de tensiune pe barele centralei deservite sau pe barele unei staţii pe care centrala o alimentează radial şi unde se execută interconexiunea. Din cauza dificultăţilor pe care le prezintă legăturile de telemăsură şi datorită posibilităţii instalării transformatoarelor de reglare, nu se utilizează reglarea excitaţiei pentru alte cazuri (fig. 16).

Alegerea nivelului de tensiune pe barele centralelor dintr-un sistem energetic determină circulaţia de puteri reactive între centrale deoarece:

$$Q_1 = -\left(\frac{E_{S_1} E_{S_2}}{X_{L_{12}}} \cos \delta_{1,2} - \frac{E^2_{S_1}}{X_{L_{12}}}\right) \tag{24}$$

$$Q_2 = \frac{E_{S_1} E_{S_2}}{X_{L_{12}}} \cos \delta_{21} - \frac{E^2_{S_2}}{X_{L_{12}}} \cdot \tag{25}$$

Puterea consumată sau debitată de linie fiind ($\cos \delta_{12} = \cos \delta_{-1}$).

$$\Delta Q = Q_1 + Q_2 = \frac{E^2_{S_1}}{X_{L_{12}}} - \frac{E^2_{S_2}}{X_{L_{12}}} \tag{26}$$

în care, conform tipului de sistem interconectat din fig 17, Q_1 şi Q_2 reprezintă schimburile de

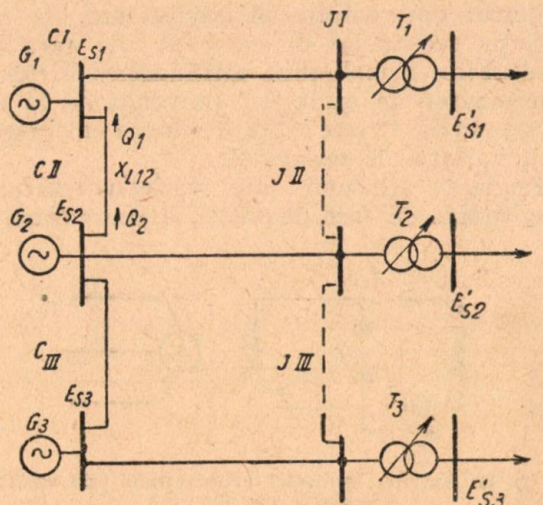


Fig. 17. Reglarea mixtă într-un sistem interconectat şi cu alimentări radiale

puteri reactive între barele centralelor *I* şi *II* iar Es_1 şi Es_2 tensiunile, constante, pe aceste bare. Evident că schimbul de puteri reactive este influenţat şi de variaţiile puterilor active care schimbă unghiurile δ însă repartiţia pe centrale a puterii active este o repartiţie obli-

gată datorită statismului regulatoarelor de viteză sau a reglării frecvenței.

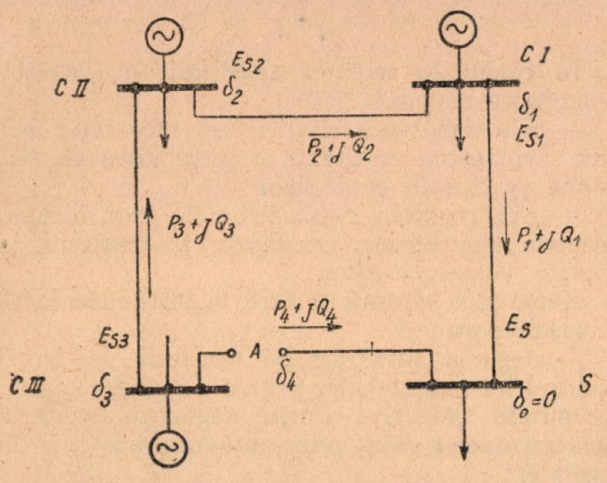


Fig. 18. Sistem energetic interconectat și avînd necesitatea de reglare a tensiunii și fazei.

menținerea constantă a tensiunilor în alte puncte ale sistemului. De exemplu la stațiile coborîtoare din sistemul energetic din fig. 17 nu pot fi menținute tensiunile E'_{s1}, E'_{s2} și E'_{s3}.

În acest caz dacă variațiile de tensiune sînt de așa natură încît consumatorii racordați să fie perturbați în funcționare trebuie introdus la transformatorii respectivi reglarea sub sarcină a raportului de transformare ceea ce permite menținerea constantă a tensiunilor respective (este vorba de transformatorii T_1, T_2 și T_3)

Reglarea treptelor transformatorilor poate avea o deosebită importanță nu numai la menținerea constantă a tensiunii pe barele unui consumator, dar și la schimbarea fluxului de putere activă și reactivă. În fig. 18 este arătat un exemplu de sistem energetic compus din trei centrale CI, *CII* și *CIII* și o stație *S*. Centrala *CIII* fiind mare ea trebuie să debiteze sarcini atît la centralele *CI* și *CII* cît și la stația *S* avînd un program definit al puterilor active și reactive.

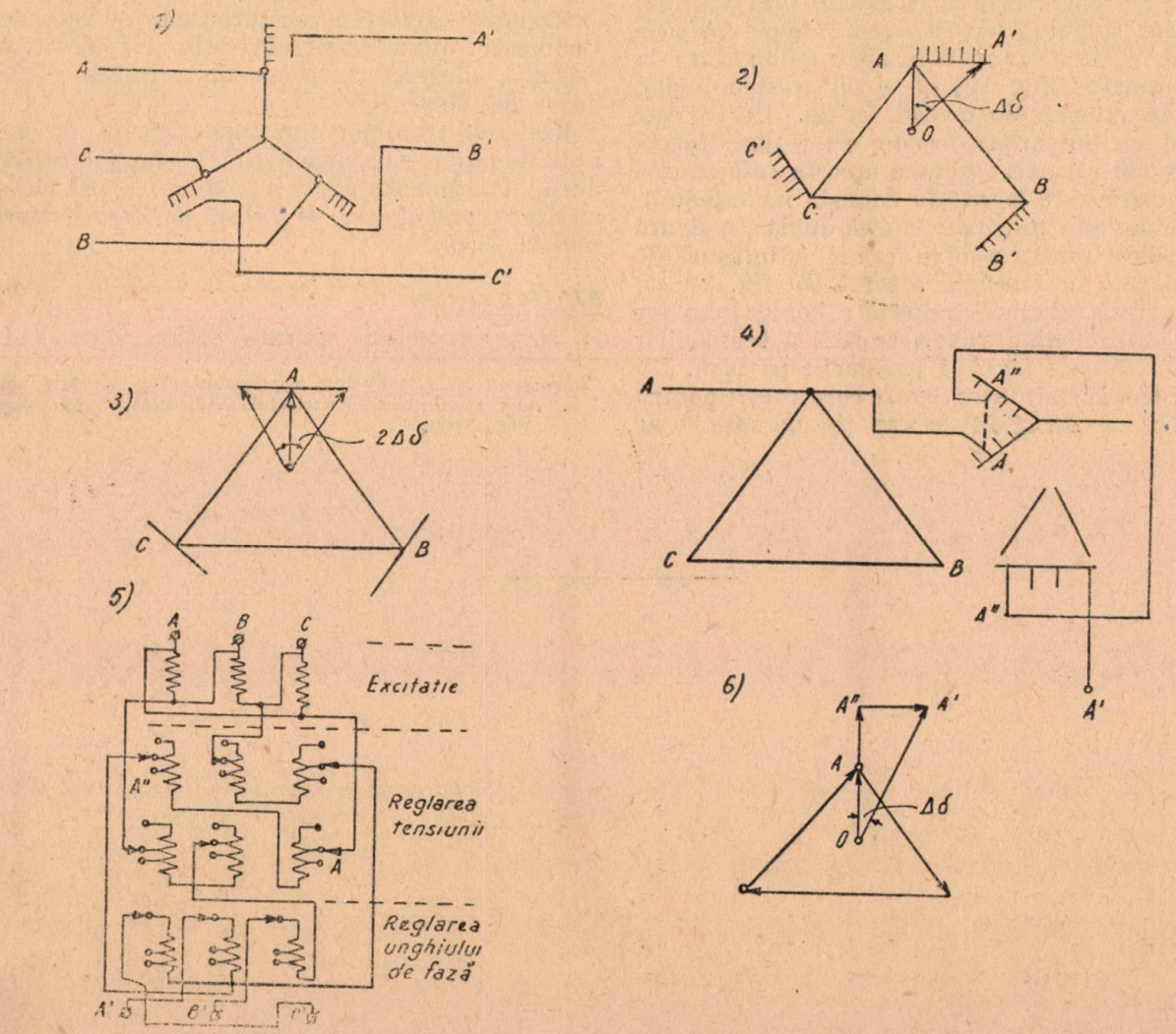


Fig. 19. Diverse moduri de realizarea autotransformatorilor pentru reglarea tensiunii, unghiului sau mixte.

Această menținere a unui nivel de tensiune pe barele centralelor, determinat de circulația optimă a puterilor reactive pe linii, face imposibilă Circulațiile de puteri reactive se pot determina prin alegerea unor nivele convenabile de tensiuni la diversele centrale.

Puterea activă repartizată însă conform cu cele impuse la nivelele de tensiune E_{s_1}, E_{s_2}, E_{s_3} E_s va cere ca valorile unghiurilor să fie: δ_1, δ_2, δ_3, şi δ_4 referitoare la tensiunea E_s (originea se consideră vectorul tensiunii E_s); aceste unghiuri nu se pot însă respecta cu bucla închisă deoarece

$$\delta_3 \neq \delta_4. \qquad (27)$$

Pentru aceasta este necesar ca în punctul A să se monteze un element de legătură care să realizeze transferul de putere la un unghi:

$$\Delta\delta = \delta_3 - \delta_4. \qquad (28)$$

Aceasta se poate realiza printr-un transformator cu raport 1/1 însă care permite o decalare între tensiunile primare sau secundare. Menţinerea constantă a raportului de transformare însă decalerea tensiunilor se poate face numai dacă se utilizează transformatori cu fier mobil ceea ce nu se poate lua în considerare la puteri mari.

Pentru variaţii mici ale unghiului $\Delta\delta$ se pot obţine raproate sensibil constante prin variaţia treptelor; astfel în fig. 19 se indică unele metode prin adăugarea unor bobinaje suplimentare în transformator (fig. 19) (*2*) şi (*3*) acestea jucînd rolul de autotransformatori. În fig. 19 (*4*) este indicat un autotransformator cu reglare mixtă a tensiunii şi fazei; pentru aceasta înfăşurarea de excitaţie este legată în triunghi iar înfăşurările de variaţia tensiunii în stea dublă (în figură este indicat numai pentru faza A) şi înfăşurările de defazare în triunghi separat. În fig. 19 (*5*) este arătată schema completă a bobinajului iar în fig. 19, (*6*) diagrama vectorială a tensiunilor corespunzătoare fazei A (tensiunile pe fază. Un astfel de transformator care se construeşte pentru unghiuri de $\Delta\delta \leqslant 45°$ şi variaţie de raport de transformare de $0{,}8 \leqslant k_T \geqslant 1{,}2$ poate satisface condiţii grele de repartiţia sarcinilor.

* * *

În concluzie reglarea tensiunii în sistemele energetice se poate face:

— prin reglarea excitaţiei generatoarelor pentru menţinerea constantă a unui nivel de tensiune pe barele centralelor;

— prin reglarea rapoartelor de transformare pentru menţinerea constantă a tensiunii pe barele consumatorilor.

Repartiţia sarcinii se face la sistemele interconectate prin:

— alegerea nivelelor de tensiuni pe barele centralelor sau staţiilor pentru circulaţia optimă a puterii reactive (prin reglarea excitaţiei generatoarelor sau prin autotranformatori de reglare);

— alegerea unghiului convenabil pentru repartiţia puterilor active (prin transformatori cu variaţie de unghi, aplicabili la reţele buclate).

Reglarea excitaţiei generatoarelor se face actualmente numai automat prin *regulatori de excitaţie*, alegerea nivelelor de tensiune făcîndu-se de dispeceri.

Reglarea treptelor transformatorului (la variaţii de raport sau unghi) se face manual tinzîndu-se actualmente să se introducă şi aici automatizarea: *regulatori de raport de transformare sau de unghi.*

Bibliografie

1. *Jdanov*: Stabilitatea sistemelor electrice, Edit. Energetică, 1952.
2. *Johnson A. A.*: System application of phase and voltage regulators, Electrical World, 1945, 7 iulie, pag. 104 — 107.

N. G. LOBACENKO, M. A. GULEAEV, B. A. ZUDIN: „Suflarea suprafeţelor de încălzire ale agregatelor de cazane". (Traducere din limba rusă). Editura Energetică de Stat, 1954. 162 pag.

Lucrarea „Suflarea suprafeţelor de încălzire ale agregatelor de cazane" constituie o încercare sistematizată de expunere a problemelor referitoare la construcţia şi exploatarea dispozitivelor de suflare a acestor agregate, în lumina datelor recente din termotehnica sovietică.

Sînt prezentate de către autori, în cartea recenzată, unele rezultate din acest domeniu, referitoare la construirea raţională a dispozitivelor de suflare, ceea ce poate înlesni răspîndirea largă a construcţiilor existente şi încercate şi poate indica direcţia dezvoltării viitoare în tehnica cazanelor.

Condiţiile de funcţionare sînt extrem de dificile din punctul de vedere al menţinerii în stare optimă a suprafeţelor de încălzire prin convecţie a agregatelor de cazane care funcţionează cu păcură. Dificultăţile întîmpinate de centralele electrice care folosesc alte feluri de combustibil trebuie de asemenea înlăturate prin mijloace raţionale.

După introducere, în care se arată importanţa problemei utilizării economice a combustibilului, se ajunge la problema construirii unor dispozitive sigure, simple şi lesnicioase în exploatare, pentru cuplarea suprafeţelor de încălzire. Printre aceste dispozitive se numără şi cele amplasate în zone cu temperatură ridicată.

Problema este foarte acută, dar este pe deplin rezolvabilă în stadiul actual al dezvoltării energeticei sovietice, care a acumulat date importante în această privinţă.

In capitolul întîi al lucrării, sînt tratate pe scurt metodele de curăţire a suprafeţelor de încălzire. Se arată caracterul depunerilor exterioare pe suprafeţele de încălzire, formarea acestor depuneri, influenţa lor asupra funcţionării agregatului de cazane precum şi efectul ce se poate obţine curăţind prin suflare suprafeţele de încălzire.

Se descriu apoi procedeele de curăţire a suprafeţelor de încălzire în timpul funcţionării cazanului şi condiţiile ce se cer unor bune dispozitive de suflare.

Autorii trec apoi la arătarea construirii dispozitivelor de suflare. După ce se descriu agenţii activi utilizaţi pentru suflare precum şi alegerea lor, se expun apoi dispozitivele de suflare cu ajutaje mici, dispozitive fixe, rotative, deplasabile progresive şi transportabile în întregime.

Se trece apoi la descrierea dispozitivelor de suflare cu ajutaje mari, percutante, injectoare manuale, dispozitive de suflare rotative cu efect percutant, cu mecanism de acţionare semiautomată şi automată.

In acelaş capitol se tratează calculul şi construirea ajutajelor şi a conductelor de alimentare, se compară aparatele de suflare cu ajutaje mari şi cu ajutaje mici, se descrie dispozitivul de suflare cu apă caldă şi cu apă supraîncălzită. Mai sînt apoi considerate şi alte metode de curăţire, prin suflare, scuturare, cu nisip etc.

Capitolul al treilea este consacrat alegerii, asamblării şi exploatării dispozitivelor de suflare. Se dezvoltă aci problema alegerii şi instalării dispozitivelor de suflare pentru diferitele suprafeţe de încălzire. Suflarea ecranelor, a fascicolelor de ţevi ale preîncălzitoarelor de aer, eficacitatea dispozitivelor de suflare, exploatarea aparatelor de suflare, regimul etc. completează acest capitol. In încheerea lui sînt date regulile de tehnica securităţii muncii la instalarea şi exploatarea dispozitivelor de curăţire prin suflare.

Materialul expus conduce la o serie de concluzii privind nevoia unei preocupări a personalului de exploatare, alegerea aparatului care utilizează drept agent activ aburul sau aerul comprimat, aparate pentru apa supraîncălzită etc.; se arată că cel mai bun efect se poate obţine prin suflarea cu abur.

Concluziile sînt provizorii şi constituie subiecte de discuţie. Datele din care au fost deduse nefiind încă complete, ele cer verificarea pentru viitor pe baza experienţei centralelor electrice şi a institutelor de cercetare, a uzinelor pentru construirea cazanelor şi a institutelor de proiectări.

Autorii au folosit pentru alcătuirea acestei succinte lucrări, materiale referitoare la probleme de suflare publicate în periodicele termotehnice sovietice, materialele din consfătuiri şi concursuri referitoare la suflarea suprafeţelor de cazane precum şi propria lor experienţă de ani de zile, referitoare la studiul, proiectarea, punerea la punct şi exploatarea dispozitivelor de suflare şi în special a celor de la centralele electrice care funcţionează cu păcură.

Lucrarea este destinată în special inginerilor şi tehnicienilor care lucrează la exploatarea utilajului de cazane din centralele electrice precum şi celor din întreprinderile de construcţii ale sistemelor energetice, institutelor de proiectare etc.

Materialul bogat, bazat pe experienţă şi documentare, este comprimat într-un spaţiu atît de redus încît dă în mod inevitabil un caracter rezumativ lucrărilor. Ea este însă de mare folos pentru specialiştii şi pentru inginerii, studenţii, aspiranţii ce vor să se documneteze în specialitate, fiindcă deschide orizonturi noi în specialitate, prilejuind discuţii în acest domeniu al termotehnicei.

S. A. AVAEV, S. V. GARTUNG, A. N. SMELEV: „Echipamentul electric al întreprinderilor din industria uşoară". (Traducere din limba rusă). Editura Energetică de Stat, 1954, 466 pagini.

Mai bogată în lucrările privind în general echipamentul electric, literatura tehnică numără mai puţine lucrări referitoare în special la industria uşoară; de aceea o carte ca cea de faţă umple un gol, ea cuprinzînd tot ce este specific în problemele de echipament electric pentru această ramură.

Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor din industria uşoară, constituie subiectul primului capitol al lucrării recenzate aci. Se studiază schemele de alimentare, dîndu-se o dezvoltare specială posturilor de transformare.

Autorii expun pe larg importanţa transformatoarelor, tratează problema alegerii numărului de posturi, a puterii transformatoarelor şi a locurilor de amplasare optimă a lor; se arată schemele de conexiune pentru posturile de transformare din industria uşoară şi se dă calculul curentului de scurtcircuit.

Protecţia prin relee a posturilor de transformare este de asemenea tratată pe larg ca şi problema circuitelor auxiliare ale acestor posturi. Se studiază măsurile de îmbunătăţire a factorului de putere în instalaţiile electrice ale întreprinderilor din industria uşoară. In fine, în acelaş capitol, sînt cuprinse circuitele auxiliare ale posturilor de transformare, cum şi înregistrarea şi tarifarea energiei electrice.

În următoarele două capitole, autorii dezvoltă principiile generale ale teoriei acţionării electrice a maşinilor utilizate în industria uşoară de diferite profile

precum și schemele și aparatajul de comandă al sistemelor de acționare respective.

În capitolul al patrulea, se tratează despre rețelele electrice din interiorul întreprinderilor de industrie ușoară. Se expun condițiile generale de funcționare a rețelelor electrice din întreprinderi, conductoarele și cablurile utilizate la rețelele de forță și lumină și se rezervă locul cuvenit calculului rețelelor electrice.

Cu titlul de recomandare, autorii prezintă o serie de metode pentru montarea rețelelor de forță și lumină la întreprinderile menționate, folosind prescripțiile în vigoare și experiența în specialitate. Se dau scheme pentru rețelele electrice potrivite diferitelor întreprinderi din industria ușoară și se tratează rețelele de joasă tensiune și siguranțele fuzibile necesare.

Iluminatul electric al întreprinderilor constituie subiectul capitolului al cincilea. După o privire asupra dezvoltării istorice a izvoarelor electrice de lumină, se dau noțiunile de bază din domeniul tehnicii iluminatului, caracteristicile fotometrice etc.

Sînt atinse apoi problema iluminatului cu lămpi cu incadescență și problema lămpilor fluorescente, din ce în ce mai mult introduse în instituții și întreprinderi. Capitolul cuprinde tratarea sistemelor de iluminat, amplasarea corpurilor de iluminat, calculul iluminării prin metoda factorului de utilizare a fluxului luminos în cazul izvoarelor luminoase punctiforme și calculul prin metoda punct cu punct. Este de asemenea dat în amănunt calculul iluminatului fluorescent.

Capitolul final se ocupă de tehnica securității în instalațiile electrice, grija pentru om fiind și în această lucrare, ca de altfel în toate lucrările sovietice din domeniul industrial, o preocupare de prim ordin.

Se expun noțiunile și definițiile fundamentale ale tehnicii securității în instalațiile electrice din industria ușoară și se arată acțiunea curentului electric asupra organismului omenesc, tensiunea neprimejdioasă, cazurile aflării sub tensiune în rețelele trifazice, punerea la pămînt de protecție în instalațiile cu neutrul izolat și calculul respectiv. Capitolul se încheie cu noțiuni generale referitoare la mijloacele de protecție adecvate specificului întreprinderilor de industrie ușoară.

Numeroase figuri, scheme și tabele completează textul. In anexă sînt date tabele care cuprind date privind caracteristicile diferitelor transformatoare, aparataje, relee etc.

Lucrarea a fost alcătuită pentru a servi ca manual auxiliar pentru studiul cursului de echipament electric al centralelor și stațiilor electrice, de rețele electrice, de echipament electric al întreprinderilor, de iluminat electric și de tehnica securității în instalațiile electrice. Ea este de folos pentru inginerii și tehnicienii din întreprinderile de industrie ușoară și din alte întreprinderi care au instalații similare. Tratînd pe larg problemele teoretice și arătînd modul de rezolvare practică a diferitelor chestiuni privind proiectarea și exploatarea echipamentului eletcric, cartea vine în ajutorul cadrelor tehnice din aceste întreprinderi.

MELENTIEV L. A.: Problemele principale ale termoenergeticei industriale, Gosenergoizdat, Moscova, 1954.

Lucrarea studiază din punct de vedere energetic și economic bazele termoenergeticei industriale atît în ceea ce privește instalațiile de consum de energie termică cît și cele de producere a acestei energii, în instalațiile industriale principale și anexe.

Capitolul I examinează poziția instalațiilor termoenergetice industriale în energetica generală a unei țări stabilind relațiile între energetica raională și regională. In acelaș timp se enunță căile de urmat pentru obținerea de economii de combustibil în energetica industrială.

Perspectivele de aplicare a principiilor de combinare a proceselor industriale cu procesele energetice formează obiectul capitolului II.

Capitolele III—VI cuprind probleme legate de alimentarea cu căldură a proceselor tehnologice din întreprinderi. Astfel în capitolul III se indică modul de alegere a parametrilor pentru aparatele care utilizează energie termică. Capitolul IV se ocupă de alegerea felului și a parametrilor purtătorului de căldură. In capitolul V se examinează schemele și domeniile de utilizare în energetica industrială a compresoarelor cu jet de abur. Capitolul VI este dedicat regimurilor de exploatare a sistemelor de alimentare cu căldură, folosind aburul ca purtător.

In capitolele VII și VIII sînt grupate problemele legate de acționările cu abur pentru procese de forță industriale: pompe, prese și ciocane. De asemenea se examinează mărirea rentabilității economice, din punct de vedere a gospodăririi energiei termice a secțiilor de forje și posibilitățile de utilizare de acumulatoare de căldură în instalații energetice industriale.

Capitolele IX—XI cuprind chestiuni legate de alimentarea cu căldură a instalațiilor de încălzire și ventilațiile care se găsesc în întreprinderi industriale. Se determină consumurile de căldură, purtătorii de căldură și parametrii lor precum și sistemele de reglare care se folosesc.

Capitolele XII și XIII tratează problema utilizării resurselor energetice secundare din întreprinderile industriale. In capitolul XII se determină eficacitatea utilizării resurselor energetice secundare în scopuri tehnologice, de alimentare cu căldură și pentru producerea energiei electrice.

Se studiază de asemenea randamentul instalațiilor folosind resurse energetice secundare. Capitolul XIII cuprinde metodele de utilizare a resurselor energetice secundare.

Schemele de alimentare cu energie a întreprinderilor industriale sînt cuprinse în capitolele XIV—XVII. In aceste capitole sînt tratate sursele de energie termică pentru întreprinderi industriale, alegerea raporturilor între puterile electrice și termice ale instalațiilor termoenergetice industriale precum și alegerea tipului, puterii, debitului și numărului turbinelor și cazanelor din centralele de termoficare.

Intr-o anexă se mai detaliază problemele legate de caracteristicile de funcționare ale turbinelor și trasarea lor.

In acest fel, lucrarea reprezintă o sinteză a problemelor termoenergeticei industriale, indicînd și locul preponderent pe care îl joacă termoficarea în energetica sovietică.

Cartea se adresează personalului superior de proiectare și exploatare a instalațiilor energetice din industrie și poate fi consultată cu folos de studenții din învățămîntul superior, specialitatea energetica industrială și economie inginerească.

Ing. **A. M.**

Revista „ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA" organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice * Redacția: București, str. Ioan Ghica nr 3. Raion Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 și 3.07.30 * Administrația și Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin * Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru, nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 * Abonamentele se primesc la toate oficiile poștale dela orașe și sate, prin factorii poștali, la secțiile raionale de Difuzare a Presei și *la sediul Redacției din str. Ion Ghica nr. 3* * Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual; Prețul unui exemplar: lei 5.

CĂRȚI APĂRUTE ÎN

„EDITURA ENERGETICĂ DE STAT“

S. S. GRINKO și S. A. STRELKOVSKI: **Centrale hidroelectrice rurale**
Traducere din limba rusă
144 pag. 6,10 lei

I. I. GUMIN: **Circuitele secundare ale centralelor electrice**
Traducere din limba rusă
168 pag. 11,05 lei

A. A. GLAZUNOV ș. a.: **Culegere de probleme referitoare la rețelele sistemelor electrice**
Traducere din limba rusă
204 pag. 8,70 lei

I. N. BAPTIDANOV și V. I. TARASOV: **Echipamentul centralelor și stațiilor electrice (vol. I)**
Traducere din limba rusă
460 pag. 26 lei

S. A. AVAEV ș. a.: **Echipamentul electric al întreprinderilor din industria ușoară**
Traducere din limba rusă
466 pag. 30,40 lei

I. E. HAIKIN: **Oscilații întreținute.**
Traducere din limba rusă
136 pag. 6,10 lei

A. A. SMIRNOV: **Repararea aparatelor și instrumentelor termotehnice de măsură și control**
Traducere din limba rusă
600 pag. 26 lei

N. G. LOBACENKO ș. a.: **Suflarea suprafețelor de încălzire ale agregatelor de cazane**
Traducere din limba rusă
162 pag. 8,60 lei

KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - СВЯЗЬ
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - СМЕНА

4

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

SUMARUL

Pag.

I. I. Saphier: Caracteristica energetică a agregatelor cu producție omogenă 153

Gh. Chitic: Funcționarea turnurilor de răcire . . . 161

A. Rotman: Influența liniilor de energie asupra liniilor de telecomunicații în lumina standardului 832—49 175

A. Filotti: Considerații asupra calculului eforturilor în conducte autoportante subțiri rezemate la capete 180

SCHIMB DE EXPERIENȚĂ

C. Dinulescu: Balansarea rotoarelor de turbine și de generatori pe suporți elastici 192

I. Weisman: Blocajul mecanic al separatoarelor . 193

PENTRU NOILE CADRE

A. Vasilescu: Considerații asupra calculului curentului de scurtcircuit în rețelele de joasă tensiune 197

RECENZIE 200

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

И. И. Сафир: Энергетическая характеристика агрегатов с однородной продукцией 153

Г. Китик: Работа градирень 161

А. Ротман: Влияние линий электропередачи на линии связи в свете стандарта 832—49 . . . 175

А. Филотти: Соображения о расчете усилий в тонких самонесущих трубопроводах, опертых на концах 180

ОБМЕН ОПЫТОМ

К. Динулеску: Балансировка турбинных и генераторных роторов на эластичных опорах 192

Л. Вайсман: Механическая блокировка разъединителей 193

НОВЫМ КАДРАМ

А. Василеску: Соображения о расчете токов короткого замыкания в низковольтных сетях . . 197

РЕЦЕНЗИИ 200

E 2039
d

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 4 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

CARACTERISTICA ENERGETICĂ A AGREGATELOR CU PRODUCŢIE OMOGENĂ

Conf. Ing. I. I. SAPHIER

În sprijinul acţiunii pentru normarea şi economia consumului de energie în industrie, care figurează în planul de Stat ca sarcină a tuturor departamentelor industriale, în articolul de faţă se adînceşte în continuarea unui articol publicat în numărul precedent, problema folosirii caracteristicilor energetice, în condiţii date de funcţionarea agregatelor. De asemenea se stabileşte un criteriu pe baza căruia se poate determina cînd este permisă pentru o caracteristică curbă aproximarea cu o caracteristică liniară.

Normarea ştiinţifică a consumurilor de energie de toate formele devine din ce în ce mai mult o preocupare continuă a tehnicienilor noştri pe linia trasată de Partid şi Guvern pentru o cît mai raţională folosire a mijloacelor de producţie şi pentru punerea în valoare a tuturor rezervelor interne din întreprinderi în vederea scăderii preţului de cost şi a creşterii acumulărilor socialiste.

Spre deosebire de consumul de alte materiale, consumul de energie se caracterizează în special prin faptul, că din cauza consumului la funcţionarea în gol, consumul de energie nu depinde direct şi nemijlocit de producţia realizată, ci pe lîngă aceasta mai depinde şi de modul în care au funcţionat utilajele respective, mai depinde deci şi de indicii tehnico-economici de utilizare a utilajelor. Din această cauză, o normare ştiinţifică a consumului de energie nu se poate reduce la stabilirea unei valori fixe a consumului necesar unei anumite producţii ce s-ar realiza în orice condiţii, ci trebuie să permită stabilirea consumului de energie necesar realizării unei anumite producţii în anumite condiţii, respectiv pentru anumite valori de realizat pentru indicii tehnico-economici de utilizare ai utilajului respectiv. Caracteristica energetică, adică funcţia (în expresie algebrică sau reprezentare grafică) ce reprezintă dependenţa consumului de energie sau de purtător de energie pe unitate de timp (putere, debit, etc.) faţă de producţia rezultată în unitate de timp (productivitate), este un instrument care permite stabilirea consumului de energie ştiinţific fundamentat, necesar pentru realizarea unei anumite producţii în condiţii date.

Stabilirea caracteristicei energetice privind consumul de energie dintr-un anumit purtător de energie (curent electric, abur, combustibil, etc.) sau privind consumul complex de energie pentru o secţie sau întreprindere este o operaţie destul de complicată şi necesită cunoaşterea temeinică atît a tehnologiei respective cît şi a proceselor energetice. Pentru o secţie sau o întreprindere cu producţie omogenă, stabilirea caracteristicei energetice este întrucîtva mai simplă. În cele ce urmează se va trata numai cazul simplificat al unui singur agregat cu producţie omogenă.

Consumul de energie pe unitate de timp reprezintă putere şi pentru caracteristica energetică respectivă poate fi exprimat în unităţi de măsură alese în funcţie de forma de energie, respectiv de purtătorul de energie, ce se consideră. Astfel se poate folosi kW pentru energia electrică, kcal/h sau M kcal/h pentru energia termică sau t/h abur normal sau de anumiţi parametrii, t/h combustibil natural sau convenţional, m^3/h aer comprimat de o anumită presiune etc. Toate aceste unităţi de măsură reprezintă direct sau indirect puteri.

În cele de mai jos se va folosi în mod convențional expresia de „energie" care se va nota cu W indiferent dacă se referă la consumul propriu-zis de energie sau de un anumit purtător de energie și expresia de „putere" care se va nota cu P indiferent dacă se referă la putere propriu zisă sau la debitul unui anumit purtător de energie.

Producția realizată în unitate de timp reprezintă productivitatea, și pentru caracteristica energetică respectivă poate fi exprimată în unități de măsură alese în funcție de produsele respective.

În cele de mai jos se va nota cu V volumul producției și cu A productivitatea. Caracteristica energetică va fi reprezentată de expresia :

$$P = f(A) \qquad (1)$$

Această expresie se poate referi fie la valori momentane, fie la valori medii. Acestea sînt :

a) valori momentane :

$$P_m = \frac{dW}{dt} = f(A_m) \; ; \; A_m = \frac{dV}{dt} = \Psi(t) \qquad (2)$$

b) valori medii :

$$P_{med} = \frac{W}{t} = \frac{1}{t}\int_0^t P_m dt = f(A_{med}) \; ;$$

$$A_{med} = \frac{V}{t} = \frac{1}{t}\int_0^t A_m dt. \qquad (3)$$

Valorile momentane depind numai de valoarea momentană a indicelui intensiv de utilizare al agregatului, valoarea momentană a indicelui extensiv de utilizare fiind 1 sau 0. Valorile medii depind atît se valoarea medie a indicelui intensiv cît și de valoarea medie a indicelui extensiv de utilizare. Stabilirea experimentală a caracteristicei energetice se face pentru valorile momentane pentru a elimina unul din cei doi parametrii (indicile extensiv de utilizare). În schimb, pentru folosirea practică a caracteristicei energetice, aceasta trebuie să se refere la valorile medii, deci ținînd seama de valorile medii a ambilor parametrii (indicile intensiv și extensiv de utilizare). Scopul prezentului articol este de a determina modalitățile de folosire pentru valori medii a caracteristicii energetice referitoare la valori momentane.

* * *

Un agregat cu producție omogenă a funcționat un timp t conform graficului din fig. 1 în care

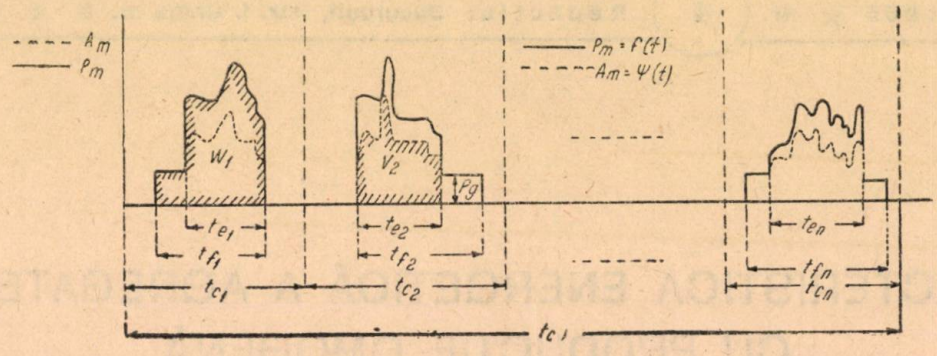


Fig. 1

sînt redate variația în timp a valorilor momentane ale puterii și productivității.

Se notează cu :

t_{e_1} ; t_{e_2} ; . . . t_{e_i} ; . . . t_{e_n} — timpul calendaristic al unei perioade întermediare (oră, zi, etc.) ;

$t_c = \sum_1^n t_{ci}$ — timpul total (calendaristic) al perioadei considerate (zi, săptămînă, lună, trimestru, an)

t_{l_1} ; t_{l_2} ; . . . t_{l_i} ; . . . t_{l_n} — timpul efectiv de lucru, adică timpul în care agregatul a funcționat în sarcină (nu în gol) în perioada intermediară ;

$t_l = \sum_1^n t_{l_i}$ — timpul total în care agregatul a funcționat în sarcină în perioada considerată

t_{f_1} ; t_{f_2} ; . . . t_{f_i} ; . . . t_{f_n} — timpul de funcționare, adică timpul în care agregatul a funcționat indiferent dacă în sarcină sau în gol, în perioada intermediară ;

$t_f = \sum_1^n t_{f_i}$ — timpul total de funcționare în perioada considerată.

Energia consumată este reprezentată de suprafețele de sub curba puterilor, iar volumul producției, de suprafețele de sub curbele productivității.

$$W = \sum_1^n W_i \; ; \qquad V = \sum_1^n V_i$$

Pentru început se consideră o caracteristică energetică lineară, exprimată de următoarea relație :

$$P_{med} = P_g + \alpha A_m \qquad (4)$$

unde P_g = const. reprezintă puterea absorbită la mersul în gol.

Pentru o perioadă oarecare t_{fi} valorile medii ale puterii şi productivităţii vor fi :

$$P_{med_{fi}} = \frac{W_i}{t_{fi}} = \frac{1}{t_{fi}} \int_0^{t_{fi}} P_m \, dt = \frac{1}{t_{fi}} P_g \int_0^{t_{fi}} dt + \frac{1}{t_{fi}} \int_0^{t_{fi}} A_m dt$$

$$A_{med_{fi}} = \frac{V_i}{t_{fi}} = \frac{1}{t_{fi}} \int_0^{t_{fi}} A_m \, dt$$

de unde rezultă :

$$P_{med_{fi}} = P_g + \alpha \, A_{med_{fi}} . \qquad (5)$$

Relaţiile (4) şi (5) sînt identice. Rezultă că dacă agregatul a fost în funcţiune în toată perioada considerată, caracteristica energetică pentru valori momentane este valabilă şi pentru

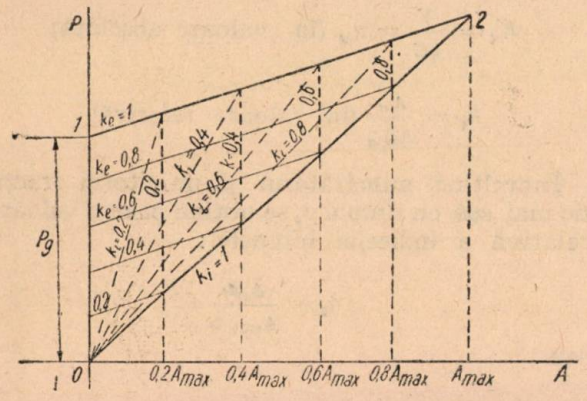


Fig. 2

valorile medii. Acest lucru este de mare importanţă pentru stabilirea pe cale experimentală a caracteristicei energetice. Din evidenţa întreprinderii se poate extrage W_{fi} ; V_i şi t_{fi} cu care valori se poate construi caracteristica energetică valabilă pentru valori momentane (dreapta *12*, din fig.2). Caracteristica energetică astfel construită nu este însă valabilă pentru valori medii raportate la o perioadă de timp care conţine şi timpi de inactivitate a agregatului.

Calculîndu-se puterea medie pentru întreaga perioadă t_c, se obţine :

$$P_{med} = \frac{W}{t_c} = \frac{\sum W_i}{t_c} = \frac{1}{t_c} \sum_i^n \int_0^{t_{fi}} P_m \, dt$$

$$P_{med} = \frac{1}{t_c} \sum_1^n \int_0^{t_{fi}} (P_g + \alpha A_m) \, dt$$

însă :

$$\int_0^{t_{fi}} (P_g + \alpha \, A_m) \, dt = P_g t_{fi} + \alpha \int_0^{t_{fi}} A_m \, dt$$

iar :

$$\sum_1^n P_g \, t_{fi} = P_g \, t_f .$$

şi :

$$\sum_1^n \alpha \int_0^{t_{fi}} A_m \, dt = \alpha \sum_1^n V_i = \alpha \, V$$

de unde :

$$P_{med} = \frac{t_f}{t_c} P_g + \alpha \, A_{med} . \qquad (6)$$

Expresia de mai sus (6), reprezintă caracteristica energetică a agregatului pentru valori medii. Comparînd această expresie cu caracteristica pentru valori momentane (*4*), se vede că aceasta se poate reprezenta cu o linie dreaptă avînd acelaşi coeficient unghiular ca şi caracteristica pentru valori momentane, deci o dreaptă paralelă cu aceasta, însă tăind axa ordonatelor într-un punct $\frac{t_f}{t_c} P_g$.

* * *

După cum s-a arătat mai înainte, valorile medii depind de doi parametri, indicii intensiv şi extensiv de utilizare ai agregatului. Pentru a arăta această dependenţă se va prezenta mai întîi aceşti parametri după care se va exprima puterea medie în funcţie de aceşti doi parametri.

Indiferent de ramura industrială, indicii de utilizare caracterizează eficacitatea şi gradul de folosire a capacităţilor de producţie al maşinilor, agregatelor sau instalaţiilor, într-un cuvînt, al utilajului. Indicii de utilizare sînt de trei feluri :

– indici extensivi ;
– indici intensivi ;
– indici integrali.

Indicele extensiv arată timpul de folosire, respectiv cît timp a funcţionat utilajul considerat, indiferent de gradul de încărcare al acestuia. În valoare absolută, indicele extensiv se exprimă în unităţi de timp (ore, zile) şi este de fapt timpul de funcţionare (t_f) în perioada considerată. În valoare relativă, indicele extensiv se exprimă prin raportul dintre timpul de funcţionare şi fondul de timp calendaristic (t_c) al perioadei considerate

$$K_e = t_f \text{ (în valoare absolută)}$$

$$k_e = \frac{t_f}{t_c} \text{ (în valoare relativă)} \qquad (7)$$

În general timpul de funcţionare al unui utilaj oarecare este mai mic decît timpul calendaristic al perioadei respective ($t_f < t_c$).

Productivitatea efectivă a utilajului se defineşte ca raportul dintre producţia realizată (V) şi timpul de funcţionare (t_f).

$$A_{ef} = \frac{V}{t_f}.$$

Deoarece în general utilajul nu lucrează încărcat în plin tot timpul cît el se află în funcţiune, producţia lui este mai mică decît dacă tot acest timp el ar fi lucrat cu întreaga sa capacitate. Însemnînd cu A_{max} productivitatea maximă a utilajului, se obţine producţia maximă ce ar fi putut aceasta să o dea, dacă ar fi lucrat cu această productivitate maximă tot timpul cît a fost în funcţie

$$V_{max} = A_{max} t_f. \qquad (8)$$

Dacă utilajul ar fi funcţionat tot timpul, deci fără opriri ($t_f = t_c$), lucrînd cu productivitatea lui maximă atunci s-ar fi produs producţia maximă posibilă de realizat cu aceast utilaj. Obţinem astfel relaţia :

$$V_{max\ max} = A_{max} t_c.$$

Dacă în expresia pentru productivitatea utilajului în loc să se considere timpul de funcţionare, se consideră fondul de timp calendaristic, se capătă ceea ce se numeşte productivitatea absolută sau medie (A_{med}) din perioada respectivă :

$$A_{med} = \frac{V}{t_c} = A_{ef} k_e.$$

Revenind la expresia de mai sus pentru valoarea relativă a indicelui extensiv şi înmulţind numărătorul şi numitorul cu A_{max} obţinem :

$$k_e = \frac{A_{max} t_f}{A_{max} t_c}$$

sau :

$$k_e = \frac{V_{max}}{V_{max\ max}}.$$

Se poate deci exprima indicele extensiv în valoare relativă şi prin raportul dintre producţia maximă posibilă corespunzătoare graficului de funcţionare din perioada respectivă şi producţia maximă posibilă în aceeaşi perioadă dacă utilajul ar fi funcţionat cu întreaga sa capacitate de producţie, fără întrerupere tot timpul considerat.

Diferenţa dintre fondul de timp calendaristic şi timpul de funcţionare reprezintă timpul de inactivitate (t_0)

$$t_0 = t_c - t_f = K_0$$

Aceasta este aşa numitul indice de inactivitate care în valoare relativă devine :

$$k_0 = \frac{t_0}{t_c} = 1 - \frac{t_f}{t_c} = 1 - k_e. \qquad (9)$$

Suma indicelui extensiv şi a indicelui de inactivitate este în valoare absolută fondul de timp calendaristic, iar în valoare relativă 1.

Indicele de inactivitate oglindeşte influenţa tuturor cauzelor obiective sau subiective care au dus la perioadele de inactivitate a utilajului. Aceste cauze pot fi : ţinerea unor utilaje în rezervă, reparaţii de orice fel, avarii, lipsă de materie primă, combustibil sau energie, etc.

Indicele intensiv arată gradul de încărcare cu care a funcţionat utilajul în timpul în care acesta a fost în funcţiune. Indicii intensivi în valoare absolută, sînt definiţi prin producţia obţinută în unitate de timp, pe unitate dimensională caracteristică a utilajului (C), sau cu alte cuvinte, prin productivitatea specifică efectivă (a_{ef}) pe unitate dimensională caracteristică a utilajului obţinută în perioada considerată. În valoare relativă, indicii intensivi se exprimă prin raportul dintre productivitatea efectivă şi cea maximă

$$K_i = \frac{V}{t_f C} = a_{ef} \text{ (în valoare absolută)}$$

$$k_i = \frac{A_{ef}}{A_{max}} \text{ (în valoare relativă)}$$

Înmulţind numărătorul şi numitorul fracţiei de mai sus cu timpul t_f se obţine pentru valoarea relativă a indicelui intensiv :

$$k_i = \frac{A_{ef} t_f}{A_{max} t_f}$$

sau :

$$k_i = \frac{V}{V_{max}}.$$

Se vede deci că indicele intensiv în valoare relativă mai poate fi exprimat şi ca raportul dintre producţia efectivă şi producţia maximă posibilă corespunzătoare graficului de funcţionare din perioada respectivă.

Dacă indicii extensivi arată *cît* din fondul de timp calendaristic a funcţionat utilajul respectiv iar indicii intensivi arată *cum* a funcţionat acesta în timpul în care a fost în funcţiune, indicii integrali arată *cît şi cum* a funcţionat utilajul într-o anumită perioadă de timp.

Indicele integral se obţine prin înmulţirea indicilor extensivi şi intensivi şi caracterizează gradul de folosire a capacităţii de producţie a utilajului respectiv pe toată perioada considerată.

În valoare absolută, indicele integral este dat de producţia efectivă obţinută în perioada respectivă pe unitatea dimensională caracteristică utilajului

$$K = K_e K_i = t_f \frac{V}{t_f C} = \frac{V}{C}$$

indicele integral se obţine în valoare absolută împărţind producţia efectivă la caracteristica dimensională a utilajului.

În valoare relativă, indicele integral este dat de raportul dintre productivitatea medie şi cea maximă

$$k = k_e k_i = \frac{t_f}{t_c} \cdot \frac{A_{ef}}{A_{max}} = \frac{V}{t_c} \cdot \frac{1}{A_{max}} = \frac{A_{med}}{A_{max}}. \quad (11)$$

Deoarece $t_c A_{max} = V_{max\ max}$, indicele integral mai poate fi exprimat şi ca raportul dintre producţia efectivă şi producţia maximă posibilă în aceeaşi perioadă, dacă utilajul ar fi funcţionat cu intreaga sa capacitate de producţie, fără întrerupere, tot timpul considerat

$$k = \frac{V}{V_{max\ max}}.$$

Vedem deci că toţi cei trei indici de utilizare pot fi exprimaţi, în valoare relativă şi prin raporturi între producţii

$$k_e = \frac{V_{max}}{V_{max\ max}} \quad (12)$$

$$k_i = \frac{V}{V_{max}} \quad (13)$$

$$k = \frac{V}{V_{max\ max}} \quad (14)$$

Pentru cazul particular în care $t_f = t_c$, adică în cazul în care utilajul a fost în funcţiune fără întrerupere tot timpul perioadei considerate, vom avea:

$$k_e = 1 \text{ şi } k_i = k.$$

Din expresiile (8) şi (13) rezultă:

$$k_i V_{max} = V = A_{med} t_c = k_i A_{max} t_f$$

de unde:

$$A_{med} = k_i \frac{t_f}{t_c} A_{max} = k_i k_e A_{max} = k A_{max}.$$

* * *

Revenind la caracteristica energetică se observă că expresia (6) pentru puterea medie se poate scrie:

$$P_{med} = k_e P_0 + \alpha\ k A_{max} \quad (15)$$

sau:

$$P_{med} = k_e (P_0 + \alpha\ k_i A_{max}). \quad (16)$$

Prin relaţiile (15) şi (16) s-a exprimat puterea medie în funcţie de indicii tehnico-economici de utilizare ai agregatului. Din aceste expresii rezultă următoarele:

a) Locul geometric al punctelor (P, A) pentru k_e = const. este o familie de drepte paralele, cu coeficientul unghiular α.

b) Locul geometric al punctelor (P, A), pentru k_i = const. este un fascicol de drepte cu vîrful în origine.

c) Locul geometric al punctelor (P, A) pentru k = const. este o familie de drepte paralele cu axa ordonatelor.

d) Punctele (P, A) posibile se vor situa în interiorul triunghiului 012 (fig. 2) format de axa ordonatelor, dreapta $k_e = 1{,}0$ şi $k_i = 1{,}0$.

Cele de mai sus permit stabilirea ştiinţifică a consumului normat de energie sau de purtător de energie, în condiţii de lucru date, dacă se cunoaşte caracteristica energetică pentru valori momentane sau pentru valori medii în cazul în care $k_e = 1{,}0$, ceea ce după cum s-a arătat mai sus, este acelaşi lucru. Avînd trasată, printr-o metodă oarecare, caracteristica energetică a agregatului pentru valori momentane (dreapta $a\,b$ din fig. 3) şi cunoscînd valoarea productivităţii maxime a agregatului (A_{max}) se poate uşor trasa triunghiul $o\,a\,b$ în care se vor situa toate punctele (P, A) posibile.

Relaţia dintre productivitatea medie (A_{med}) şi producţia realizată (V) fiind:

$$V = t_c A_{med}$$

se poate reprezenta producţia la o scară oarecare pe prelungirea în jos a axei ordonatelor şi construi dreapta oc reprezentînd $V = f\ (A_{med})$ în funcţie de parametrul t_c.

Relaţia dintre puterea medie şi energia consumată (W) fiind:

$$W = t_c P_{med}$$

se poate construi o nomogramă analoagă cu cea de mai sus, folosind prelungirea la stînga a axei absciselor pentru reprezentarea la o scară oarecare a energiei consumate.

Timpul t_c se recomandă a se alege pentru următoarele perioade:

Perioada	Ore	Scara
o zi	24	1 : 1
o lună de 28 zile	672	1 : 50
o lună de 29 zile	696	1 : 50
o lună de 30 zile	720	1 : 50
o lună de 31 zile	744	1 : 50
trimestrul I (an normal)	2 160	1 :100
trimestrul I (an bisect) şi trim II	2 184	1 :100
trimestrul III şi IV	2 208	1 :100
an normal	8 760	1 :500
an bisect	8 784	1 :500

Pentru a se putea construi nomograma pe o singură coală de hîrtie, este necesar ca pentru producţie şi energie să se folosească patru scări diferite pentru diferite perioade considerate. Considerînd scara pentru $t_c = 24$ ore ca 1 : 1, celelalte scări sînt recomandate în tabela de mai sus.

O astfel de nomogramă este reprezentată în fig. 3 în care însă nu s-a trasat decît cîte o singură dreaptă pentru $V = f\ (A_{med})$ şi $W = f\ (P_{med})$ corespunzînd unei anumite perioade (zi, lună, trimestru sau an).

Această nomogramă poate servi atît la planificarea consumului de energie pentru o perioadă viitoare, cît şi la verificarea consumului de energie pentru o perioadă trecută.

Fie V volumul producției planificat pentru o anumită perioadă. Din datele planificării se mai cunoaște pentru aceeași perioadă timpul de inactivitate planificat (de exemplu pentru reparații) și ținînd cont de numărul de schimburi cu care se lucrează, se poate stabili timpul efectiv de funcționare (t_f) planificat. De aici se stabilește valoarea indicelui extensiv de utilizare planificat pentru utilajul respectiv, efectuîndu-se raportul t_f/t_c. Consumul de energie (W) planificat se poate acum afla cu ajutorul nomogramei propuse (fig. 3) trasîndu-se prin punctul *1* de ordonată $k_e P_g$ dreapta *15* paralelă cu caracteristica energetică $a\,b$ și urmînd drumul $2 - 3 - 5 - 7 - 8$ indicat în figură.

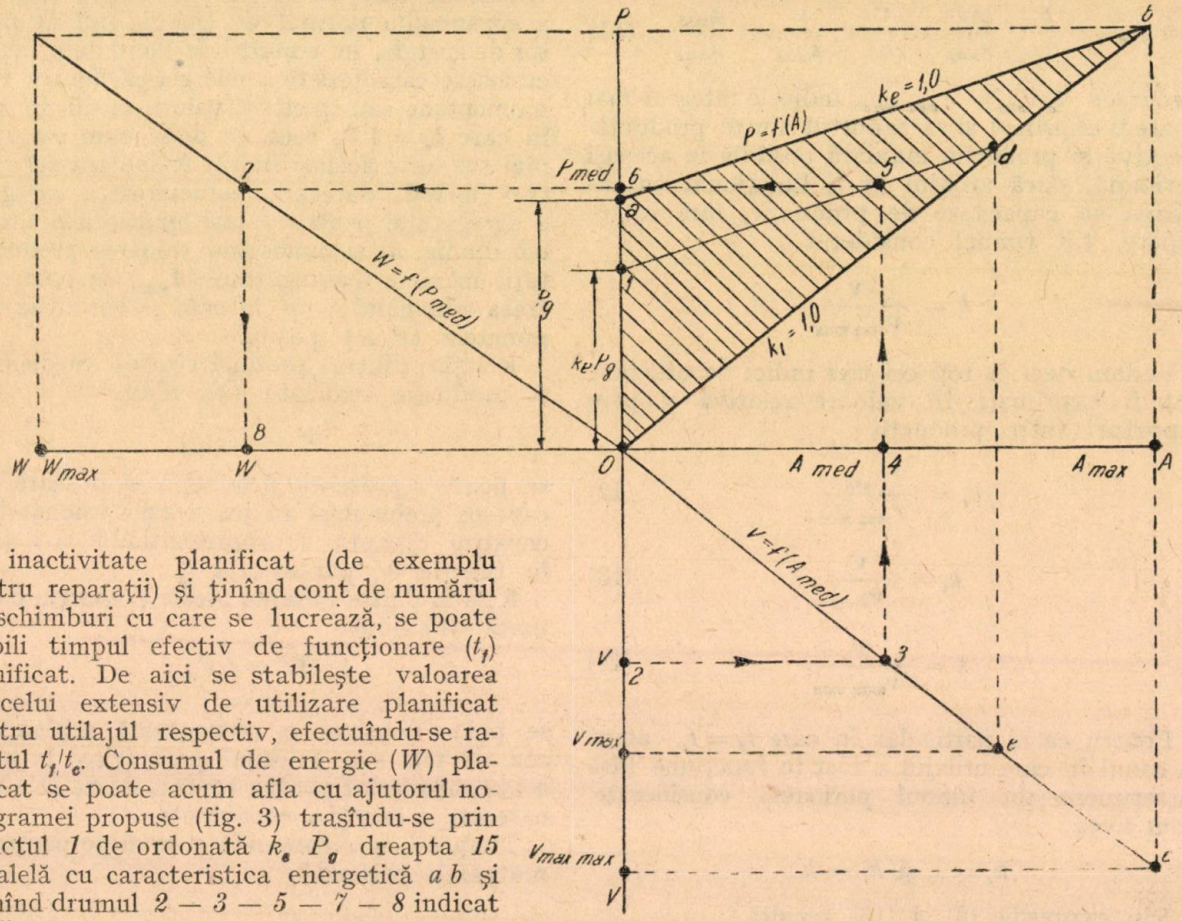


Fig. 3

Pentru o perioadă trecută din evidența întreprinderii se cunoaște V și t_f și în mod analog se poate stabili consumul normat de energie. Comparînd acest consum cu consumul realizat indicat de aparatele de măsură se poate imediat constata eventualele abateri de la normă și lua din timp măsurile necesare.

* * *

Pînă aici s-a considerat o caracteristică lineară. În general însă ea este curbă, exprimată printr-o relație de forma :

$$P_m = P_g + \alpha A_m^n.$$

Cazul particular $n = 1$ s-a tratat mai sus și are în special avantajul că, așa cum s-a arătat mai înainte, se poate ușor determina valorile medii cunoscînd caracteristica pentru valori momentane. În afară de aceasta, odată stabilite experimental un număr de puncte (P, A) este mult mai ușor de trasat dreapta reprezentînd caracteristica energetică. Din aceste motive, ori de cîte ori este posibil, caracteristica curbă se aproximează cu o linie dreaptă. Această aproximare este permisă numai dacă eroarea ce se face nu depășește limitele admisibile.

Atunci cînd se construește caracteristica energetică a unui agregat, se obțin experimental o serie de puncte situate între anumite limite ale productivității, corespunzătoare valorilor cu care funcționează agregatul în mod curent. În afara de aceasta, tot prin măsurare directă se mai obține și puterea la mersul în gol (P_g). Admițînd o caracteristică lineară corespunzînd punctelor de funcționare în sarcină (deci lăsînd de o parte punctul relativ la funcționare în gol) se obține o dreaptă care taie axa ordonatelor într-un punct (punctul *3*, fig. 4.) a cărei ordonată (P'_g) poate fi egală sau nu cu puterea la mersul în gol determinată experimental. Dacă $P'_g = P_g$ atunci agregatul are efectiv o caracteristică energetică lineară ; dacă nu, caracteristica energetică reală este curbă.

Fie un agregat cu o caracteristică energetică curbă, care a funcționat un timp t_g conform fig. 1. Agregatul funcționează cu o productivitate cuprinsă între A_{min} și A_{max} (interval de lucru). În acest domeniu se dispune de un număr suficient de puncte $(P.\ A)$ și caracteristica energetică se aproximează cu o dreaptă. Această dreaptă taie axa ordonatelor într-un punct de ordonată $P'_g \neq P_g$ (fig. 4).

În intervalul de lucru considerat este acceptată valabilă relația *) : $P'_m = P'_g + \alpha' A_m$

*) Indicele „prim" indică mărimile relative la o caracteristică de aproximare.

energia consumată este :

$$W = P_c \sum_1^n (t_{l_i} - t_{ci}) + \sum_1^n \int_0^{t_{l_i}} P_m dt .$$

Volumul producției este :

$$V = \sum_1^n \int_0^{t_{l_i}} A_m \, dt .$$

Puterea medie, va fi în acest caz :

$$P'_{med} = \frac{W}{t} = \frac{t_l - t_c}{t_c} P_g + \frac{t_c}{t_c} P'_g + \alpha' A_{med} \quad (17)$$

Diferența $(t_l - t_c) = t_g$ reprezintă timpul de mers în gol. Introducînd noțiunea de indice de funcționare în gol (γ) ca raportul dintre timpul de mers în gol și timpul efectiv de funcționare, se poate scrie :

$$\frac{t_g}{t_l} = \gamma ; \; t_g = \gamma t_l ;$$

$$t_c + t_g = t_l ; \; t_c = (1 - \gamma) t_l .$$

Relația (17) devine cu cele de mai sus :

$$P'_{med} = k_c [P'_g + \gamma (P'_g - P_g)] + \alpha' A_{med} \quad (18)$$

sau :

$$P'_{med} = k_c [1 - \gamma (1 - \delta)] P'_g + \alpha' A_{med} = k_c \beta P'_g + \alpha' A_{med} \quad (19)$$

unde :

$$\delta = \frac{P_g}{P'_g} \quad \text{iar} \quad \beta = 1 - \gamma (1 - \delta)$$

Se mai poate scrie :

$$P_{med} = k_c \beta P'_g + \alpha' k A_{max} = k_c (\beta P'_g + \alpha' k_i A_{max}) \quad (20)$$

Pentru cazul $\gamma = 0$ și $k_c = 1$, adică pentru cazul în care agregatul a funcționat tot timpul considerat și nu a mers în gol în acest timp, caracteristica energetică pentru valori medii (18) devine :

$$P'_{med} = P'_g + \alpha' A_{med} .$$

deci identică cu caracteristica admisă pentru valori momentane (dreapta *12*, din fig. 4) în intervalul de lucru. Rezultă de aici că la agregatele cu caracteristică energetică curbă, pentru ridicarea punctelor în vederea construirii caracteristicei energetice pentru valori momentane, măsurătorile trebuie făcute pe perioade de timp în care agregatul funcționează în sarcină, deci

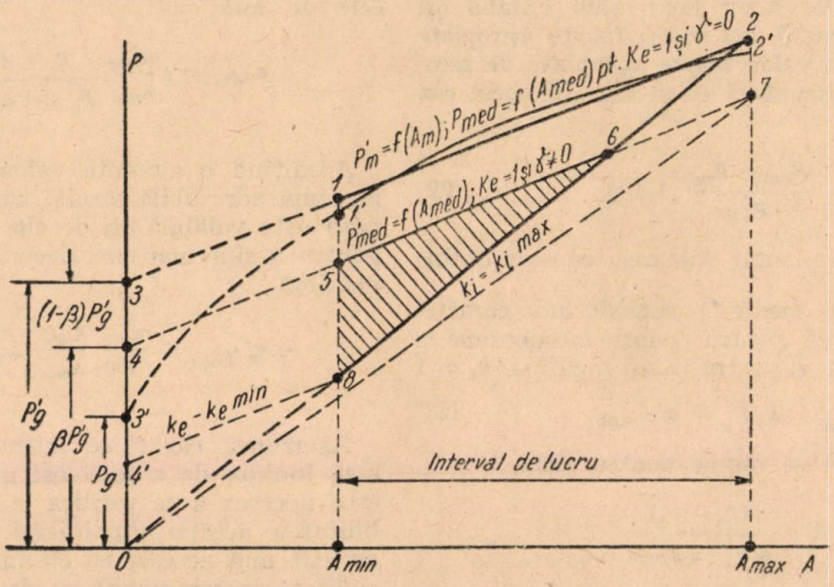


Fig. 4

trebuie exclus și timpul de mers în gol, nu numai timpul de inactivitate ca la agregatele cu caracteristică lineară.

Pentru o anumită valoare a indicelui de funcționare în gol (γ) diferită de zero caracteristica energetică pentru valori medii este, pentru $k_c = 1$, o dreaptă paralelă cu caracteristica pentru valori momentane (dreapta 56, din fig. 4) însă tăind axa cordonatelor într-un punct (*4*) de ordonată $\beta P'_g$.

Relațiile (19) și (20) arată că plecînd de la caracteristica admisă pentru valori momentane, se poate afla orice punct (P, A) pentru valori medii și condiții de funcționare date (k_c; k_i și γ).

Pentru $\gamma \neq 0$ indicele intensiv de utilizare nu poate atinge în nici un caz valoarea medie 1. Valoarea medie maximă ce poate atinge indicele intensiv de utilizare este :

$$k_{i\,max} = \frac{A_{max} t_c}{A_{max} t_l} = \frac{t_c}{t_l} = 1 - \gamma . \quad (21)$$

Locul geometric al punctelor (P, A) pentru $k_i = k_{i\,max}$ este dreapta *82* din fig. 4. Pentru $\gamma = 0$; $k_{i\,max} = 1$; pentru $\gamma \neq 0$; $k_{i\,max} < 1$. Dreapta *07* reprezintă locul geometric al punctelor $k_i = 1$ pentru o anumită valoare a lui $\gamma \neq 0$. În consecinţă punctele (P, A) posibile se vor situa în triunghiurile *568* din fig. 4, delimitate de ordonata corespunzătoare productivităţii minime, dreapta $k_i = k_{i\,max}$ şi caracteristica energetică pentru valori medii corespunzătoare valorii respective a indicelui de funcţionare în gol şi $k_e = 1$.

Tinîndu-se seama de cele de mai sus se poate lucra practic cu o caracteristică energetică lineară de aproximare, aşa cum s-a arătat mai sus pentru cazul caracteristicilor energetice lineare.

Sînt unele cazuri în care se poate să nu se ţină seama de cele de mai sus şi să se considere caracteristica $P_m = f(A_m)$ valabilă şi pentru valori medii pentru $k_e = 1$, dacă în aceste cazuri eroarea suplimentară astfel comisă se situează în limite admisibile. Acest lucru este valabil ori de cîte ori β sau δ iau valori foarte apropiate de unu sau γ ia valori foarte apropiate de zero.

Eroarea suplimentară ce se face în acest caz este :

$$\varepsilon = \frac{P''_{med} - P'_{med}}{P'_{med}}\ 100\% \qquad (22)$$

unde cu P''_{med} s-a notat valoarea ce s-ar obţine pentru puterea medie *), considerînd caracteristica energetică pentru valori momentane şi $k_e = 1$ valabilă şi pentru valori medii şi $k_e = 1$

$$P''_{med} = k_e P'_g + \alpha' A_{med}. \qquad (23)$$

Cu (23) şi (18) se obţine pentru (22) ;

$$\varepsilon = \frac{\gamma (P_g - P'_g)}{k_e P'_g + \alpha' A_{med}}.$$

Pentru o valoare dată a indicelui de funcţionare în gol, eroarea nu va depinde decît de valoarea pe care o va lua P'_{med}. În consecinţă eroarea maximă va apare pentru punctul de productivitate A_{min} şi $k_e = k_{e\,min}$ (punctul *8*, din fig. 4). Se poate deci scrie :

$$\varepsilon_{max} = \gamma \frac{P_g - P'_g}{P'_{med\,min}}\ 100\%$$

$$P'_{med\,min} = k_{e\,min} P'_g + \alpha' A_{min}.$$

Din fig. 4, prin asemănarea de triunghiuri rezultă că:

$$k_{e\,min} = \frac{\overline{04'}}{\overline{04}} = \frac{A_{min}}{A_{max}}$$

ceea ce dealtfel mai rezultă şi din relaţia (11) dacă se ţine seama că în ipoteza considerată punctul *8* se găseşte pe dreapta $k_i = 1$ şi deci $k = k_e$.

Relaţia pentru eroarea maximă devine cu cele de mai sus :

$$\varepsilon_{max} = \gamma \frac{A_{max}}{A_{min}} \frac{P_g - P'_g}{P'_g + \alpha' A_{max}}\ 100\%$$

Admiţînd o anumită valoare pentru eroarea maximă admisibilă rezultă că simplificarea propusă este valabilă ori de cîte ori valorile medii pentru γ sînt mai mici decît o anumită valoare maximă

$$\gamma \leqslant \gamma_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{100} \frac{A_{min}}{A_{max}} \frac{P'_g + \alpha' A_{max}}{P_g - P'_g}. \qquad (25)$$

Asemenea cazuri se întîlnesc destul de des însă înainte de a se folosi metoda simplificată este necesar a se verifica cu relaţia (25) valabilitatea acestei simplificări. Acest lucru este cu atît mai necesar cu cît în literatura de specialitate se recomandă cu destul de multă uşurinţă, aproximarea caracteristicei energetice curbe cu una lineară fără însă a se atrage atenţia celor ce vor face asemenea simplificări.

*) Indicele „secund" indică aproximarea suplimentară

★

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРЕГАТОВ С ОДНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

Ревюме

Для поддержки деятельности по нормированию и экономии энергопотребления в промышленности, включенной в госплан как обязанность всех индустриальных министерств, в настоящей статье, являющейся продолжением статьи опубликованной в прошлом номере, углубляется вопрос использования энергетических материалов в условиях заданных работой агрегатов. Также устанавливается критерий на основании которого можно определить когда возможно апроксимирование криволинейной характеристики ланейной характеристикой.

FUNCŢIONAREA TURNURILOR DE RĂCIRE

Ing. Gh. CHITIC

Se dă o metodă pentru determinarea caracteristicilor unui turn de răcire pe baza unei încercări precum şi calculul funcţionării turnului la regimuri de lucru diferit faţă de cel nominal. In prima parte se reia pe scurt teoria aerului umed, schimbul de căldură din turn şi tiraiul în regim permanent. Pentru a permite cititorilor comparaţia metodei de calcul aci folosită cu formulele deduse în articolele din Energetica nr. 5 — 1953 şi nr. 2—1954, s-au introdus aceleaşi notaţii.

Atît la turnurile aflate în exploatare cît şi la recepţia turnurilor executate, interesează comportarea lor în diverse condiţii atmosferice şi de încărcare termică. Este foarte important ca aceste caracteristici să se poată ridica printr-o singură încercare a turnului.

In cele ce urmează se vor arăta condiţiile de funcţionare a turnurilor de răcire, după ce în prealabil se expun o serie de probleme în legătură cu aerul umed şi cu transmiterea căldurii prin evaporare dîndu-se modul de calcul al caracteristicilor pe baza unei încercări.

A. Proprietăţile aerului umed

Aerul atmosferic este un amestec gazos de aer uscat şi vapori de apă.

Presiunea maximă a vaporilor de apă din atmosferă are o limită numită *presiunea de saturaţie* p_s, iar aerul în acest caz este saturat cu vapori de apă, adică conţine o cantitatea maximă de vapori de apă.

Presiunea de saturaţie a vaporilor de apă este dependentă de temperatura aerului conform curbei din fig. 1.

Dacă un volum determinat de aer saturat, este încălzit, atunci prin mărirea lui, scade presiunea vaporilor de apă iar temperatura lor se ridică. In acest caz vaporii de apă din aer sînt supraîncălziţi, iar volumul iniţial de aer este nesaturat.

Dacă se consideră aerul umed un gaz perfect se poate scrie relaţia :

$$p\,V = G.R.T \qquad (1)$$

In care :

p este presiunea aerului umed în kg/m² ;
V — volumul în m³ a aerului umed ;
R — constanta gazelor pentru aer umed în m/°C ;
T — temperatura absolută a aerului umed

Dacă exprimăm presiunea aerului în mm Hg, atunci :

$$p_{mm.\ Hg} = \frac{p.\ kg/m^2}{13{,}6}$$

şi pentru ca egalitatea (1) să se menţină împărţim şi partea din dreapta semnului egal cu 13,6 ceea ce revine a lucra cu :

$$R_1 = \frac{R}{13{,}6}$$

Presiunea aerului umed este dată de relaţia :

$$p = p_L + p_D \qquad (2)$$

In care :

p este presiunea aerului umed în mm Hg ;
p_L — presiunea parţială a aerului uscat în mm Hg ;
p_D — presiuna parţială a vaporilor de apă în mm Hg.

Dar presiunea parţială a vaporilor de apă se poate exprima în funcţie de presiunea de saturaţie prin relaţia :

$$p_D = p_s \cdot \varphi \qquad (3)$$

Cunoscînd presiunile parţiale ale aerului uscat şi a vaporilor de apă se poate deduce greutatea lor cu ajutorul relaţiei (1) :

a) *pentru aer* :

$$G_L = p_L \cdot \frac{1}{R_L} \cdot \frac{V}{T}$$

dar :

$$p_L = p - \varphi \cdot p_s \text{ [din (2) şi (3)]}$$

şi

$$R_L = \frac{29{,}27}{13{,}6} = 2{,}15 \text{ şi } \frac{1}{R_L} = 0{,}465.$$

Deci :

$$\boxed{G_L = 0{,}465\,\frac{V}{T}\,(p - \varphi \cdot p_s)} \qquad (4)$$

b) *pentru vaporii de apă* :

$$G_D = p_D \cdot \frac{1}{R_D} \cdot \frac{V}{T}$$

dar :

$$p_D = \varphi \cdot p_s$$

şi

$$R_D = \frac{47{,}06}{13{,}6} = 3{,}46 \text{ şi } \frac{1}{R_D} = 0{,}289.$$

Deci :

$$\boxed{G_D = 0{,}289 \cdot \frac{V}{T} \cdot \varphi \cdot p_s \cdot} \qquad (5)$$

Greutatea aerului umed este egală cu suma greutăţii aerului uscat şi greutăţii vaporilor de apă, deci :

$$G = G_L + G_D = \frac{V}{T}(0{,}465\ p - 0{,}176 \cdot \varphi \cdot p_s). \quad (6)$$

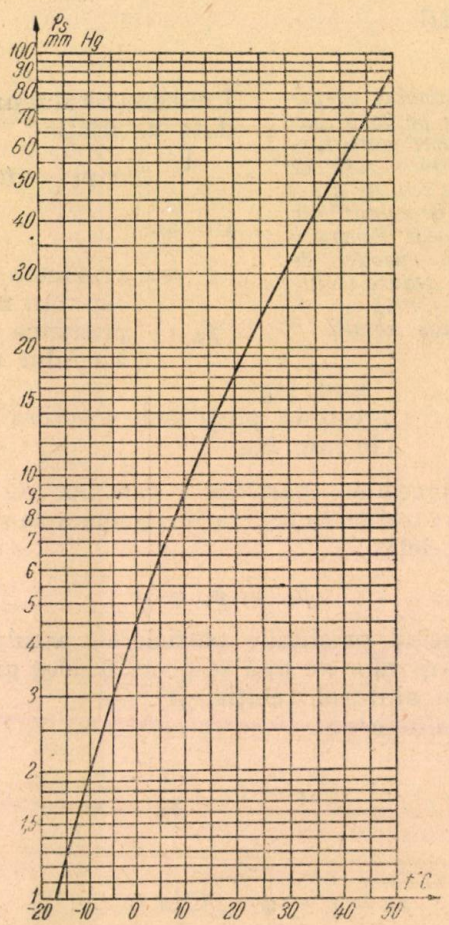


Fig. 1. Presiunea de saturaţie a vaporilor de apă în funcţie de temperatură.

Dacă luăm $V = 1$ m³ atunci rezultă greutatea specifică a aerului umed :

$$\gamma_\varphi = 0{,}465 \frac{p}{T} - 0{,}176 \frac{\varphi \cdot p_s}{T} . \quad (7)$$

Dar greutatea specifică a aerului uscat este [din ecuaţia (4) unde $\varphi = 0$] :

$$\gamma_{aer\ uscat} = 0{,}465 \cdot \frac{p}{T}$$

şi deci :

$$\boxed{\gamma_\varphi = \gamma_{aer\ uscat} - 0{,}176 \frac{\varphi \cdot p_s}{T} .} \quad (8)$$

Din ecuaţia (8) se trage concluzia că greutatea specifică a aerului umed este mai mică decît a aerului uscat.

Umiditatea aerului se măsoară prin :

a) *Umiditatea relativă* care este dată de relaţia :

$$\varphi = \frac{G_D}{G_{Ds}} \quad (9)$$

dar :

$$\frac{G_D}{G_{Ds}} = \frac{0{,}289 \cdot \frac{V}{T} \cdot p_D}{0{,}289 \cdot \frac{V}{T} \cdot p_s} = \frac{p_D}{p_s}$$

şi deci

$$\varphi = \frac{p_D}{p_s}$$

adică am căpătat tocmai relaţia (3). In aceste relaţii : G_{Ds} este greutatea de vapori saturaţi aflată în aerul umed în kg.

b) *Umiditatea absolută*, care este cantitatea x în kg de vapori de apă existentă într-un kg de aer uscat

deci :

$$x = \frac{G_D}{G_L} = \frac{0{,}289 \frac{V}{T} \cdot \varphi \cdot p_s}{0{,}465 \cdot \frac{V}{T} \cdot (p - \varphi . p_s)} = 0{,}622 \frac{\varphi \cdot p_s}{p - \varphi \cdot p_s} \quad (10)$$

Dacă aerul e saturat

$$\varphi = 1$$

şi

$$x_s = 0{,}622 \frac{p_s}{p - p_s} \quad (11)$$

Umiditatea aerului atmosferic variază în limite mari, totuşi în condiţii normale umiditatea relativă a aerului depinde aproximativ de temperatura lui conform curbei din fig. 2.

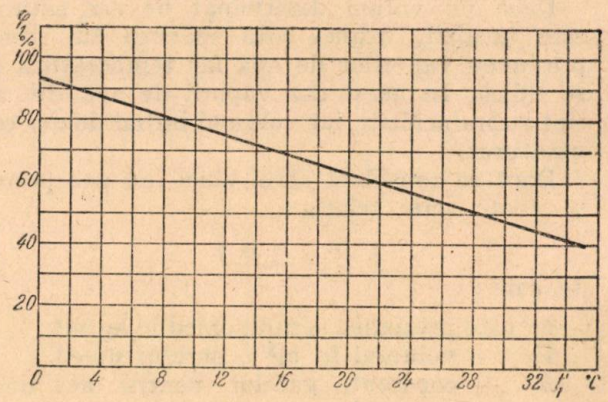


Fig. 2. Variaţia umidităţii aerului în funcţie de temperatura lui.

B. Răcirea apei prin evaporare în aer

Evaporarea apei în aer este provocată de diferenţa dintre presiunea de saturaţie şi presiunea existentă în aer a vaporilor de apă.

Deci căldura pe care o iau aceşti vapori de pe o suprafaţă umedă este dată de relaţia :

$$Q = B \cdot \frac{p_f - p_D}{p} \cdot F \quad (12)$$

In care :

B este o constantă ;
p — presiunea atmosferică în mm Hg ;
S — suprafaţa de pe care se evaporă apa în m² ;
p_t — presiunea de saturaţie în mm Hg a vaporilor de apă din aer la temperatura t_t a apei, mai mică decît temperatura t a aerului, din cauza răcelei produse de evaporare ;
p_D — presiunea vaporilor de apă nesaturaţi în mm Hg la temperatura t a aerului.

In acelaşi timp, din cauza diferenţei de temperatură $t - t_t$, suprafaţa umedă primeşte căldură de la aer prin contact şi convecţie conform relaţiei :

$$Q = \alpha \cdot S \ (t - t_t) \qquad (13)$$

unde :

α este coeficient de transmitere a căldurii prin contact şi convecţie în kcal/m², h°C ;
t — temperatura aerului în °C ;
t_t — temperatura suprafeţei umede în °C.

La atingerea echilibrului, cantitatea de căldură pierdută de suprafaţa umedă prin evaporare este egală cu cantitatea de căldură primită prin contact şi convecţie deci :

$$B \cdot \frac{p_t - p_D}{p} \cdot S = \alpha \cdot S \cdot (t - t_t)$$

sau :

$$p_D = p_t - \alpha \cdot \frac{p}{B} \cdot (t - t_t).$$

In Hütte Vol. I ediţia 1947 pag. 1083 avem :

$$\alpha \frac{p}{B} = 0{,}5 \frac{p}{760} \text{ (numai pînă la 40° C)}$$

deci :

$$\boxed{p_D = p_t - 0{,}5 \ (t - t_t) \frac{p}{760}} \qquad (14)$$

Dar : $p_D = \varphi \cdot p_s$

şi deci (14) se mai poate scrie :

$$\varphi \cdot p_s = p_t - 0{,}5 \ (t - t_t) \frac{p}{760}.$$

Scoţînd valoarea lui t_t din această ecuaţie avem :

$$\boxed{t_t = t - \frac{1}{0{,}5} (p_t - \varphi \cdot p_s) \frac{760}{p}} \qquad (15)$$

Această formulă ne dă temperatura minimă pe care poate s-o ia apa în contact cu aerul care are temperatura t, presiunea p şi umiditatea relativă φ.

Cu ajutorul relaţiei (15) se pot trage curbele $t_t = f(t)$ pentru diferite valori ale lui φ.

C. Calculul coeficientului α de transmitere a căldurii

Valoarea lui α se calculează, ţinînd seama de viteza aerului printre straturile de grătare, cu formula lui Reiher :

$$\alpha = K \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \left(\frac{d \cdot w \cdot \rho}{\eta} \right)^n \text{ kcal/m² h °C} \qquad (16)$$

unde :

K este o constantă a cărei valoare depinde de numărul straturilor de grătare dispuse în şicană şi se poate lua $K = 0{,}147$;
λ — conductibilitatea aerului la temperatura medie a stratului de aer în contact cu apa în kcal/mh °C,

$\lambda = 0{,}0204$ kcal/m, °C, h la 0° C
$\lambda = 0{,}0219$ kcal/m, °C, h la 25° C
$\lambda = 0{,}0234$ kcal/m, °C, h la 50° C

n = 0,690 pentru grătarele dispuse în şicană ;
w — viteza maximă a aerului în secţiunea cea mai ingustă în m/s ;
ρ — masa specifică a aerului umed la temperatura medie a stratului de aer în contact cu apa în kg s²m⁴

$\rho = 0{,}1317$ kg s²/m⁴ la 0° C
$\rho = 0{,}1207$ kg s²/m⁴ la 25° C
$\rho = 0{,}1114$ kg s²/m⁴ la 50° C

η — vîscozitatea aerului umed la temperatura medie a stratului de aer în contact cu apa în kg s/m²

$\eta = 1{,}7523 \times 10^{-6}$ kg s/m² la 0°C
$\eta = 1{,}884 \times 10^{-6}$ kg s/m² la 25°C
$\eta = 2{,}005 \times 10^{-6}$ kg s/m² la 50°C

Cu aceste date s-a calculat coeficientul de transmitere a căldurii obţinîndu-se următoarele rezultate :

$\alpha = 9{,}43$ kcal/m² h° C la $w = 0{,}5$ m/s şi 25°C
$\alpha = 9{,}86$ kcal/m², h° C, la $w = 0{,}5$ m/s şi 50°C
$\alpha = 10{,}7$ kcal/m², h° C, la $w = 0{,}6$ m/s şi 25°C

Pentru calculele utilizate la turnurile de răcire se poate admite $\alpha = 9 - 10$ kcal/m², h° C, avînd în vedere că vitezele aerului nu depăşesc 0,6 m/s şi temperatura aerului este între 25° şi 50°C.

D. Transmiterea căldurii prin evaporare

Aerul nesaturat care vine în contact cu suprafaţa umedă se saturează, micşorîndu-şi greutatea specifică, şi apoi se ridică în sus iar în locul lui vine altă cantitate de aer nesaturat şi fenomenul se repetă.

Trebuie să se observe că acesta este şi mecanismul de transmitere a căldurii prin convecţie, unde aerul rece venind în contact cu suprafaţa

caldă, îşi ridică temperatura, micşorîndu-şi greutatea specifică şi prin aceasta se ridică în sus.

Cantitatea de căldură transportată prin convecţie este dată de relaţia :

$$Q = \alpha \cdot S \cdot \Delta_1 t \qquad (17)$$

Această căldură se găseşte în cantitatea de aer din imediata apropiere a peretelui cald, aer care şi-a ridicat temperatura cu $\Delta_2 t°$ adică :

$$Q = A \cdot c_p \cdot \Delta_2 t \qquad (18)$$

unde :

α este coeficientul de transmitere a căldurii în kcal/m², h °C, ;

S — suprafaţa în m² ;

$\Delta_1 t$ — diferenţa de temperatură dintre apă şi aer în °C ;

$\Delta_2 t$ — diferenţa dintre temperatura aerului cald şi temperatura aerului rece în °C.

A — cantitatea de aer în kg/h care şi-a ridicat temperatura cu $\Delta_2 t°$;

c_p — căldura specifică a aerului în kcal/kg, °C.

Deci cantitatea de aer încălzit cu $\Delta_2 t°$ este :

$$A = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta_2 t} \qquad (19)$$

Pentru o aceiaşi diferenţă a greutăţilor specifice $\Delta\gamma$, fie că ea este provocată de o creştere a temperaturii $\Delta_2 t$, fie că este provocată de o creştere a umidităţii absolute $\Delta_2 x$, cantitatea de aer vehiculată e aceiaşi A kg/h.

Prin cantitatea A de aer s-a transmis cantitatea E kg/h de vapori dată de relaţia :

$$E = A \cdot \Delta_2 x \qquad (20)$$

unde $\Delta_2 x$ este creşterea umidităţii absolute în kg vapori la 1 kg aer uscat.

Cantitatea de vapori care se degajă, de pe suprafaţa umedă, în aer, este dată de relaţia :

$$E = k \cdot S \cdot \Delta_1 x \qquad (21)$$

unde :

k — este coeficient de difuziune a vaporilor de apă în aer şi

$\Delta_1 x$ — diferenţa dintre umiditatea absolută a aerului saturat la o temperatură egală cu cea a suprafeţei umede şi umiditatea absolută a aerului atmosferic în kg/kg.

Din relaţiile (17) şi (18) scoatem :

$$A = \frac{\alpha \cdot S}{c_p} \cdot \frac{\Delta_1 t}{\Delta_2 t} ;$$

iar din relaţiile (20) şi (21) scoatem :

$$A = k \cdot S \cdot \frac{\Delta_1 x}{\Delta_2 x} .$$

Deci :

$$\frac{\alpha \cdot S}{c_p} \cdot \frac{\Delta_1 t}{\Delta_2 t} = k \cdot S \cdot \frac{\Delta_1 x}{\Delta_2 x} .$$

Deoarece avem de a face cu acelaşi mecanism de transmitere atît a căldurii cît şi a vaporilor, atunci :

$$\frac{\Delta_1 t}{\Delta_2 t} = \frac{\Delta_1 x}{\Delta_2 x}$$

şi de aici rezultă :

$$\boxed{k = \frac{\alpha}{c_p}} . \qquad (22)$$

Inlocuind această valoare în ecuaţia (21) obţinem

$$E = \frac{\alpha}{c_p} \cdot S \cdot \Delta_1 x. \qquad (23)$$

Cantitatea de căldură preluată de aceşti vapori de apă este :

$$\boxed{Q = r \cdot \frac{\alpha}{c_p} \cdot S \cdot \Delta_1 x} \qquad (24)$$

unde $r = 595$ kcal/kg căldură latentă de vaporizare.

E. Transmiterea de căldură în turn

In turnul de răcire, de cele mai multe ori, apa este adusă în contracurent cu aerul, iar căldura transmisă aerului se obţine prin :

— contact şi convecţie conform relaţiei :

$$Q_1 = \alpha \cdot S \cdot \Delta t_m$$

unde Δt_m este diferenţa medie dintre temperatura apei şi a aerului în °C ;

— evaporarea apei conform relaţiei :

$$Q_2 = r \cdot \frac{\alpha}{c_p} \cdot S \cdot \Delta x_m$$

unde Δx_m este diferenţa medie de umiditate dintre apă şi aer în kg/kg.

Deci cantitatea totală de căldură dată de apă aerului este :

$$Q = \alpha \cdot S \cdot \Delta t_m + r \cdot \frac{\alpha}{c_p} \cdot S \cdot \Delta x_m \qquad (25)$$

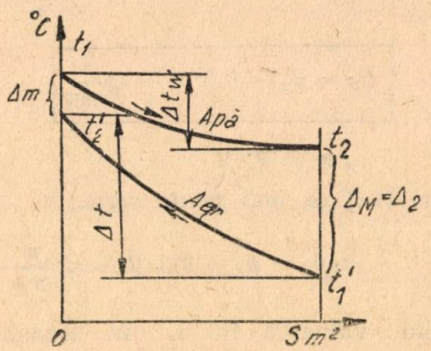


Fig. 3. Evoluţia temperaturilor de-a lungul suprafeţei unui turn care lucrează în contracurent.

Pentru a stabili valoarea lui Δt_m considerăm fig. 3 din care se scoate :

$$\Delta t_m = \frac{\Delta_M - \Delta_m}{\log \frac{\Delta_M}{\Delta_m}}$$

unde :

$$\Delta_M = t_2 - t_1'$$

şi

$$\Delta_m = t_1 - t_2'$$

iar :

t_1 = temperatura apei la intrarea în turn în °C

t_2 = temperatura apei la ieşirea din turn în °C

t_1' = temperatura aerului la intrarea în turn în °C

t_2' = temperatura aerului la ieşirea din turn în °C.

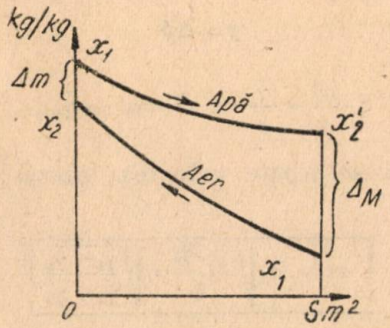


Fig. 4. Evoluţia umidităţii de-a lungul suprafeţei unui turn care lucrează în contracurent.

Cu ajutorul fig. 4 se scoate valoarea lui Δx_m :

$$\Delta x_m = \frac{\Delta_M - \Delta_m}{\log \frac{\Delta_M}{\Delta_m}}$$

dar :

$$\Delta_M = x_2 - x_1'$$

şi

$$\Delta_m = x_1 - x_2'$$

iar :

x_1 este umiditatea absolută maximă (la saturaţie) a aerului la temperatura t_1 în kg/kg ;

x_2 — umiditatea absolută maximă (la saturaţie) a aerului la temperatura t_2 în kg/kg ;

x_1' — umiditatea absolută existentă în aer la intrarea în turn în kg/kg ;

x_2' — umiditatea absolută existentă în aer la ieşirea din turn în kg/kg.

Căldura cedată de apă aerului este dată de relaţia :

$$Q = G \cdot \Delta t_w$$

unde :

G este cantitatea de apă răcită în turn în kg/h $\Delta t_w = t_1 - t_2$ este răcirea apei în turn în °C (fig. 3).

Căldura preluată de aer se compune din :

a) încălzirea aerului dată de relaţia :

$$Q' = L \cdot c_p \cdot \Delta t$$

unde :

L este cantitatea de aer care circulă prin turn, în kg/h ; $\Delta t = t_2' - t_1'$ este încălzirea aerului în turn în °C ;

$c_p = 0{,}24$ kcal/kg, °C este căldura specifică la presiune constantă a aerului ;

b) căldura latentă a vaporilor dată de relaţia :

$$Q'' = L \cdot \Delta x \cdot r$$

unde :

$\Delta x = x_2' - x_1'$ este sporirea umidităţii absolute a aerului prin trecerea prin turn în kg/kg .

c) căldura de supraîncălzire a vaporilor de la temperatura t_1' la t_2' dată de relaţia :

$$Q''' = L \cdot \Delta x \cdot 0{,}46 \cdot \Delta t$$

unde :

0,46 kcal/kg, °C este căldura specifică la presiune constantă a vaporilor de apă ; iar

$L \cdot \Delta x$ este cantitatea totală de vapori care se elimină prin turn în kg/h.

Deci căldura preluată de aer în turn este :

$$Q = L \ (c_p \cdot \Delta t + 0{,}46 \ \Delta x \cdot \Delta t + r \cdot \Delta x) \quad (26)$$

Dacă notăm cu :

$$q_1 = \frac{Q}{\alpha \cdot S} \quad \text{şi} \quad q_2 = \frac{Q}{L \cdot c_p}$$

atunci ecuaţiile (25) şi (26) devin :

$$\boxed{q_1 = \Delta t_m + \frac{r}{c_p} \cdot \Delta x_m} \quad (27)$$

şi

$$\boxed{q_2 = c_p \cdot \Delta t + 0{,}46 \ \Delta x \cdot \Delta t + r \cdot \Delta x} \quad (28)$$

F. Suprafaţa de răcire a turnului

Suprafaţa de răcire a turnului este compusă din :

— suprafaţa S_g în m² a peliculei de apă aderentă la grătarele de răcire,

— suprafaţa S_p în m² a picăturilor şi stropilor de apă.

Din aceste 2 suprafeţe numai S_g se poate calcula şi anume este egală cu suprafaţa grătarelor de răcire.

G. Coeficientul de transmitere a căldurii în turn

Coeficientul de transmitere a căldurii depinde de viteza aerului iar din felul cum e constituită suprafaţa de răcire a turnului avem de a face cu 2 coeficienţi de transmitere a căldurii şi anume :

— α_g care se referă la suprafaţa S_g a peliculei de apă şi care se poate determina cu oarecare precizie cu ajutorul formulei (16).

— α_p care se referă la suprafaţa S_p picăturilor şi stropilor de apă şi care nu se poate determina deoarece nu se cunoaşte viteza.

$\alpha_v > \alpha_g$ deoarece viteza relativă dintre aer şi apă este mai mare la suprafaţa S_p decît la S_g.

Dacă vom exprima suprafaţa S de răcire a turnului în funcţie de suprafaţa S_g a grătarelor şi coeficientului de transmitere a căldurii α va fi exprimat în funcţie de α_g (care se poate determina), atunci se va putea scrie relaţia :

$$\alpha S = \beta \cdot \alpha_g \cdot S_g$$

în care β se consideră un coeficient de calitate a sistemului de grătare şi care se poate determina prin încercări.

Trebuie să se observe că β variază cu densitatea ploii în turn iar α variază cu viteza aerului şi densitatea ploii.

Densitatea ploii este definită de raportul :

$$q = \frac{G}{S_t} \text{ în } m^3/m^2, \text{ oră sau mm/s.}$$

unde S_t este secţiunea în m^2 orizontală prin stratul de răcire şi care este egală de multe ori cu suprafaţa bazinului de apă rece a turnului.

H. Eliminarea aerului cald din turn

Pentru ca să se elimine căldura dată de apă este necesar ca în turn că circule o anumită cantitate de aer care rezultă din relaţia (26) :

$$L = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t + 0{,}46\ \Delta x\ \Delta t + r \Delta x} \qquad (26')$$

Pentru a se asigura acest debit L kg. aer/h este necesar ca în coşul turnului să se formeze tirajul necesar.

Deoarece înălţimea coşului e fixă singurele elemente care vor varia vor fi temperatura şi umiditatea aerului.

In cazul turnurilor cu ventilator se poate varia tirajul şi prin viteza ventilatorului.

Tirajul unui turn de răcire este dat de relaţia :

$$z = (\gamma_1 - \gamma_2)\ H \qquad (29)$$

unde :

z este tirajul turnului în mm. col. apă ;
H — înălţimea turnului în m, considerat aproximativ de la mijlocul stratului de grătare pînă la vîrf, pentru a ţine seama de variaţia temperaturii şi umidităţii aerului de-a lungul stratului de răcire ;
γ_1 — greutatea specifică a aerului în kg/m^3 la intrarea în turn ;
γ_2 — greutatea specifică a aerului în kg/m^3 la ieşirea din turn.

Din cauza rezistenţelor, la trecerea aerului prin turn cu o viteză medie w m/s se produce o cădere de presiune Δp în mm. col. apă, care este dată de relaţia :

$$\Delta p = \xi \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot w^2 \qquad (30)$$

unde :

ξ este un coeficient de rezistenţă, care cuprinde influenţa grătarelor, a picăturilor de apă, a intrării şi ieşirii din grătar şi turn, etc.
g = 9,81 m/s acceleraţia gravităţii ;
w — viteza medie a aerului în secţiunea cea mai îngustă în m/s ;
$\gamma = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2}$ greutatea specifică medie a aerului în kg/m^3.

Căderea de presiune Δp în turn este echilibrată de tiraj adică

$$z = \Delta p$$

sau :

$$\xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \frac{\gamma}{g} = H\ (\gamma_1 - \gamma_2) \cdot \ .$$

De aici se scoate valoarea vitezei dată de tiraj :

$$\boxed{w = 2 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{\xi}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2}}} \qquad (31)$$

Datorită acestei viteze, prin turn va circula cantitatea de aer L' în kg/h :

$$L' = S_m \cdot w \cdot \gamma \cdot 3600 \qquad (32)$$

unde : S_m este secţiunea medie în m^2 de trecere a aerului printre grătare.

Conform celor spuse mai sus, trebuie ca în regim permanent să avem egalitate între debitul de aer necesar vehiculării căldurii L şi debitul de aer L' dat de tirajul turnului.

Cele 2 ecuaţii pentru L şi L' vor trebui să fie satisfăcute, la atingerea regimului permanent, de aceiaşi creştere de temperatură a aerului, care este singura variabilă în cazul cînd turnul lucrează cu o sarcină termică Q constantă, presupunîndu-se bineînţeles că temperatura şi umiditatea aerului atmosferic nu se schimbă.

I. Problemele care se pun la funcţionarea unui turn

Dacă considerăm curbele de răcire a apei şi încălzire a aerului în turn funcţionînd în contracurent (fig. 3), observăm următoarele : Pentru ca apa să se răcească cu Δt_w °C este necesar ca aerul să se încălzească cu Δt °C şi să existe o diferenţă de temperatură între ieşirea apei din turn şi intrarea aerului Δ_2 °C.

Pentru exploatare, un turn este cu atît mai bun cu cît apa iese mai rece din el, adică cu cît diferenţa Δ_2 este mai mică.

Condiţiile de funcţionare economică şi sigură la turbinele de abur şi la motoare, impun o anumită temperatură a apei de răcire şi deci la turn se impune un anumit Δ_2.

In cazul unui turn de răcire este necesar a se urmări variaţia lui Δ_2 în funcţie de :
— temperatura aerului exterior t'
— umiditatea aerului exterior φ
— sarcina termică a turnului.

J. Determinarea datelor unui turn de răcire existent

De obicei la un turn de răcire se cunoaşte debitul maxim de apă şi uneori se dispune de o curbă a temperaturii apei în funcţie de temperatura aerului.

Faţă de cele arătate mai sus la un turn trebuie să se mai cunoască :

a) *elemente care se determină prin încercări* :

— α_g kcal/m², °C, h coeficientul de transmitere a căldurii

— β coeficientul de calitate a sistemului de grătare

— ξ coeficientul de rezistenţă la trecerea aerului prin turn.

Toate aceste elemente vor fi determinate la încărcarea maximă a turnului.

b) *elemente care se determină prin măsurători sau din proiectul de execuţie a turnului* :

— S_g în m² — suprafaţa de răcire a grătarelor

— H în m — înălţimea turnului de la mijlocul stratului de răcire pînă la vîrf (fig. 5).

— S_m în m² — secţiunea de trecere a aerului prin stratul de grătare.

Pentru a se putea obţine datele de la poz. a), trebuie ca să determinăm prin măsurători :

— L kg/h — cantitatea de apă care circulă prin turn ;

— t_1 şi t_2 în °C — temperaturile apei la intrarea şi ieşirea din turn :

— t_1' şi t_2' în °C temperaturile aerului la intrarea şi ieşirea din turn ;

— x_1' şi x_2' în kg/kg — umidităţile absolute ale aerului la intrarea şi ieşirea din turn.

Metodele de măsurare nu intră în dezvoltarea acestui subiect. Coeficientul de transmitere a căldurii α_g şi coeficientul de calitate β a grătarelor se determină împreună din relaţia :

$$\beta \cdot \alpha_g = \frac{Q}{S_g \cdot q_1}$$

din ecuaţia (25)

unde :

$$Q = L_1(t_1 - t_2) \text{ în kcal/h}$$

şi

$$q_1 = \Delta t_m + \frac{r}{c_p} \cdot \Delta x_m$$

La calculul lui q_1 trebuie să se observe că aerul la ieşirea din turn se consideră saturat cu vapori de apă iar căldura latentă de vaporizare $r = 595$ kcal/kg.

Observaţii : Aerul iese saturat din turnul de răcire, deoarece în cazul cînd la ieşire umiditatea $\varphi_2 < 100\%$ ar rezulta că prin turn circulă o cantitate de aer mai mare, adică turnul să aibă un tiraj mai puternic fapt care nu e posibil dacă considerăm formula :

$$z = (\gamma_1 - \gamma_2)\ H$$

unde γ_2 ar creşte.

De notat că tirajul cel mai puternic se obţine cînd aerul iese saturat din turn, deoarece atunci γ_2 are cea mai mică valoare.

In cazul cînd voim să aflăm separat valoarea coeficientului β, trebuie să calculăm pe α_g cu formula (16), iar :

$$\beta = \frac{Q}{\alpha_g \cdot S_g \cdot q_1}.$$

Exemplul 1. La un turn cu o suprafaţă de răcire a grătarelor $S_g = 1197$ m² s-au făcut următoarele determinări :

$$\begin{aligned} t_1 &= 38{,}5°C \\ t_2 &= 19{,}5°C \\ \hline \Delta t_w &= 19{,}0°C \\ t_1' &= -\ 3{,}5°C \\ t_2' &= 23{,}5°C \end{aligned}$$

$G = 50526$ kg/h

$Q = 50526 \times 19 = 960\,000$ kcal/h.

$x_1 = 4{,}6$ g/kg $\qquad x_1' = 2{,}8$ g/kg

$x_2 = 14{,}38$ g/kg $\qquad x_2' = 18{,}2$ g/kg

Pentru temperaturi :

$$\Delta_M = \Delta_2 = t_2 - t_1' = 19{,}5 + 3{,}5 = 23°C$$

$$\Delta_m = t_1 - t_2' = 38{,}5 - 23{,}5 = 15°C$$

$$\Delta t_m = \frac{\Delta_M - \Delta_m}{\log \frac{\Delta_M}{\Delta_m}} = \frac{23 - 15}{\log \frac{23}{15}} = 18{,}77°C$$

Pentru umidităţi :

$$\Delta_M = x_1 - x_2' = 45 - 18{,}2 = 26{,}8 \text{ g/kg}$$

$$\Delta_m = x_2 - x_1' = 14{,}3 - 2{,}8 = 11{,}5 \text{ g/kg}$$

$$\Delta x_m = \frac{\Delta_M - \Delta_m}{\log \frac{\Delta_M}{\Delta_m}} = \frac{26{,}8 - 11{,}5}{\log \frac{26{,}8}{11{,}5}} = 18{,}15 \text{ g/kg}$$

$$q_1 = \Delta t_m + \frac{r}{c_p} \Delta x_m = 18{,}77 + \frac{595}{0{,}24} \cdot \frac{18{,}15}{1000} = 63{,}77$$

$$\beta \cdot \alpha_g = \frac{Q}{S_g \cdot q_1} = \frac{960\,000}{1197.63{,}77} = 12{,}55$$

Dacă luăm $\alpha_g = 9{,}6$ kcal/m², h °C, obţinem $\beta = \frac{12{,}55}{9{,}6} = 1{,}31$.

Coeficientul de rezistenţă ξ la trecerea aerului prin turn se determină din relaţia :

$$z = (\gamma_1 - \gamma_2)\ H = \xi \cdot \frac{w^2}{z} \cdot \frac{\gamma}{g}$$

Viteza aerului w rezultă din debitul de aer L şi secţiunea de trecere prin grătare.

Exemplul 2. La un turn cu o suprafaţă de răcire de $S_g = 561$ m², înălţimea $H = 15{,}05$ m şi cu secţiunea de trecerea a aerului $S_m = 19{,}15$ m²,

care a fost încărcat cu $Q = 1\,225\,000$ kcal/h, s-au făcut următoarele măsurători :

$$t_1 = 40{,}5\ ^\circ C \qquad t'_1 = 7{,}5\ ^\circ C$$
$$t_2 = 28\ ^\circ C$$
$$\Delta t_w = 12{,}5\ ^\circ C \qquad t'_2 = 33{,}5\ ^\circ C$$

$$x_1 = 50{,}25\ g/kg \qquad x'_1 = 3{,}85\ gr/kg$$
$$x_2 = 24\ g/kg \qquad x'_2 = 33{,}45\ gr/kg$$

$$L = \frac{Q}{q_2} = \frac{1\,225\,000}{q_2}$$

$$q_2 = c_p \cdot \Delta t + 0{,}46 \cdot \Delta x \cdot \Delta t + r \cdot \Delta x$$

$$\Delta t = t'_2 - t'_1 = 33{,}5 - 7{,}5 = 26^\circ C$$

$$\Delta x = x'_2 - x'_1 = 33{,}45 - 3{,}85 = 29{,}60\ g/kg$$

$$q_2 = 0{,}24 \cdot 26 + 0{,}46 \cdot \frac{29{,}60}{1000} \cdot 26 + 595 \cdot \frac{29{,}60}{1000} = 24{,}2$$

$$L_2 = \frac{1\,225\,000}{24{,}2} = 50\,600\ kg/h \qquad z = H\,(\gamma_1 - \gamma_2)$$

γ_1 şi γ_2 se calculează cu formula (7) sau se ia din tabele.

$\gamma_1 = 1{,}2537\ kg/m^3$ $z = 15{,}05 \times (1{,}2537 - 1{,}1297)$
$= 1{,}868$ mm col, apă

$\gamma_2 = 1{,}1297\ kg/m^3$

$$\gamma = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} = 1{,}1917\ kg/m^3$$

$$w = \frac{L}{\gamma} \cdot \frac{1}{S_m} = \frac{50\,600}{1{,}1917} \times \frac{1}{19{,}15} = 0{,}615\ m/s.$$

$$\xi = \frac{2 \cdot z}{w^2} \cdot \frac{g}{\gamma} = 2 \cdot \frac{1{,}868}{0{,}615^2} \cdot \frac{9{,}81}{1{,}1917} = 81{,}6.$$

K. Funcţionarea turnului în cazul cînd temperatura şi umiditatea aerului se modifică

A afla condiţiile de funcţionare a turnului în cazul schimbări de temperatură sau de umiditate a aerului exterior, înseamnă a urmări temperatura apei t_2 la ieşirea din turn în funcţie de temperatura aerului sau în funcţie de umiditatea lui sau mai comod a urmări diferenţa Δ_2 dintre temperatura apei la ieşirea din turn şi temperatura aerului la intrarea în turn, în cazul cînd sarcina termică a turnului este constantă, la fel şi G.

Aceasta se poate face cu ajutorul celor două ecuaţii care ne dau debitul de aer care circulă prin turn :

$$L_2 = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta t + 0{,}46\ \Delta x\ \Delta t + r \cdot \Delta x} \qquad (26')$$

şi

$$L_2' = S_m \cdot w \cdot \gamma \cdot 3600 \qquad (32)$$

unde :

$$w = 2\sqrt{\frac{g \cdot H}{\xi}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2}} \qquad (31)$$

$$q_2 = c_p \cdot \Delta t + 0{,}46 \cdot \Delta x\ \Delta t + r \cdot \Delta x. \qquad (28)$$

In locul ecuaţiilor debitelor de aer se pot utiliza ecuaţiile vitezelor aerului, ceea ce se obţine prin împărţirea debitelor cu $S_m \cdot \gamma \cdot 3600$, obţinîndu-se :

$$w_T = \frac{G_2}{S_m \cdot \gamma \cdot 3600} \qquad (33)$$

şi

$$w_z = 2\sqrt{\frac{g \cdot H}{\xi}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2}} \qquad (31)$$

Viteza aerului dată de cele 2 ecuaţii (31) şi (33) depinde de ridicarea temperaturii aerului Δt în turn, deoarece G_2 depinde de Δt din formula (26') şi la fel γ_2 din ecuaţia (31) depinde de Δt.

In turn se stabileşte viteza w a aerului care satisface ambele ecuaţii pentru aceiaşi valoare a lui Δt adică :

— aerul trebuie să aibă viteza w astfel ca prin turn să circule cantitatea L de aer şi care să poată prelua, la o ridicare de temperatură Δt, căldura Q degajată de apă, iar aceiaşi ridicare de temperatură Δt să determine un tiraj în turn, care să asigure viteza w a aerului.

a) *Determinarea curbei de variaţie a temperaturii apei la ieşirea din turn în funcţie de temperatura aerului exterior.*

1) Cu ajutorul ecuaţiilor (33), (26') şi (28) s-au dat în fig. 6 curbele vitezei aerului w_T în

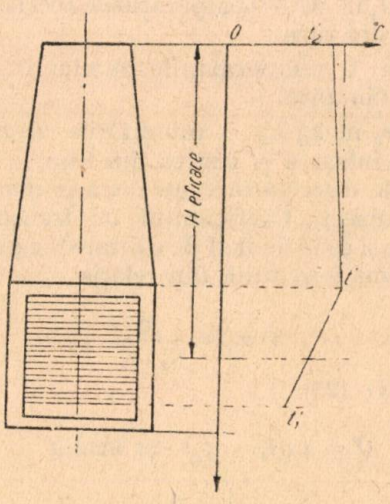


Fig. 5. Înălţimea eficace a turnului şi distribuţia temperaturii aerului de-a lungul turnului.

funcţie de creşterea de temperatură Δt pentru diferite valori ale temperaturii aerului exterior.

Tot în fig. 6 sînt reprezentate curbele vitezei aerului w determinate cu ecuaţia (31) în funcţie de Δt şi diferite valori ale temperaturii aerului exterior.

Punctele de intersecţie dintre curbele w_T şi w_z pentru o aceiaşi temperatură exterioară t'_1, determină viteza reală w_R a aerului în turn şi încălzirea Δt a aerului.

Se observă că viteza w_R este reprezentată printr-o curbă care are alura unei drepte, deci pentru determinarea ei sînt suficiente 2 puncte.

Cu valorile lui Δt determinate mai sus se trage curba din fig. 7 :

$$\Delta t = f(t_1')$$

care pentru un acelaşi turn şi aceiaşi sarcină termică Q ne dă ridicarea de temperatură a

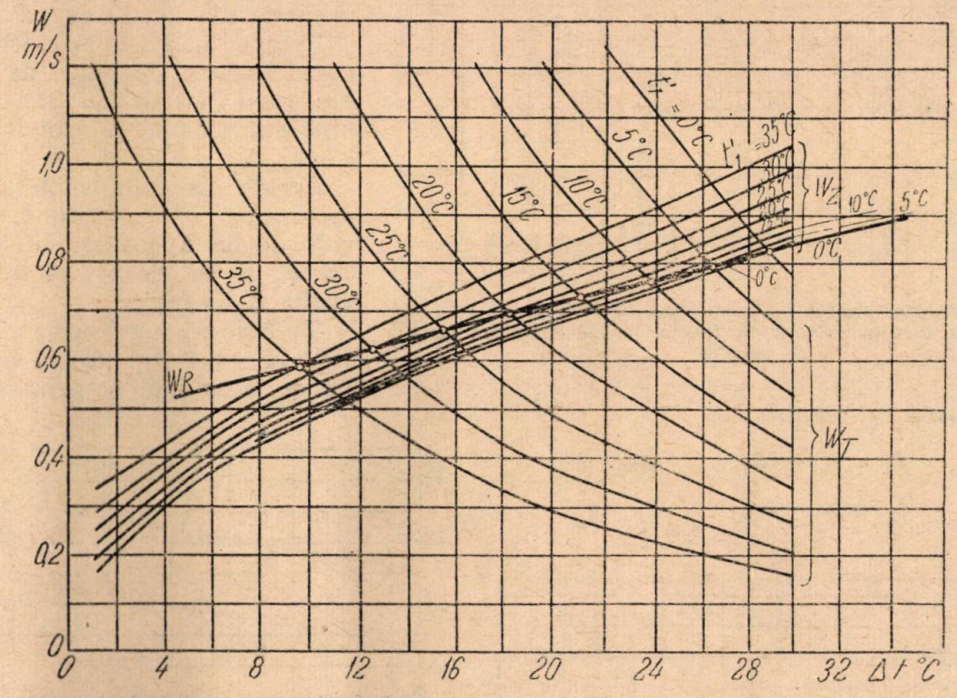


Fig. 6. Determinarea ridicării temperaturii aerului Δt în turn pentru diferite valori ale temperaturii aerului exterior t_1.

aerului pentru diversele temperaturi ale aerului exterior.

Pentru determinarea vitezelor aerului în turn s-a presupus că, umiditatea aerului φ_1 variază

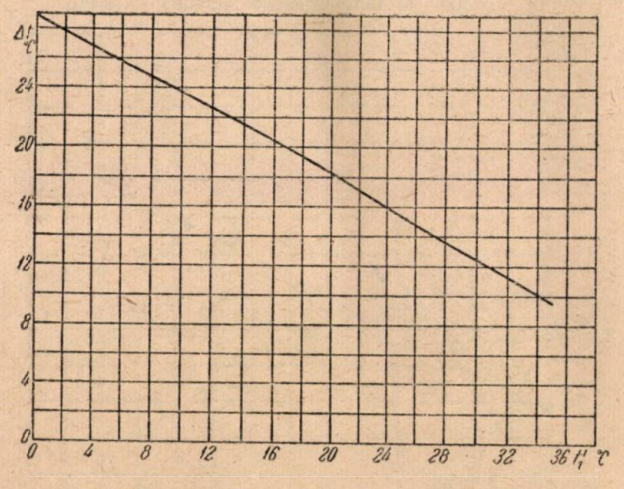


Fig. 7. Ridicarea temperaturii aerului în funcţie de temperatura aerului exterior.

în funcţie de temperatura lui, conform curbei din fig. 2 :

$$\varphi_1 = f(t_1')$$

2) Din ecuaţia :

$$q_1 = \frac{Q}{\beta \cdot \alpha_g \cdot S_g} \quad (34)$$ (din ecuaţia (25)

rezultă că valoarea lui q_1 este constantă atît timp, cît sarcina termică Q nu se schimbă.

Dar valoarea lui q_1 se determină prin ecuaţia :

$$q_1 = \Delta t_m + \frac{r}{c_p} \cdot \Delta x_m. \quad (27)$$

In fig. 8 s-au trasat curbele q_1 în funcţie de Δ_2 (supratemperatura apei la ieşirea din turn faţă de temperatura aerului exterior) pentru diferite valori ale lui t_1', ţinîndu-se seama că la fiecare valoare a lui t_1' corespunde o singură valoare pentru Δt conform curbei din fig. 7. şi că trebuie să se obţină o anumită scădere de temperatură Δt_w a apei.

Tot în fig. 8 s-a dus şi dreapta :

$$q_1 = \frac{Q}{\beta \cdot \alpha_g \cdot S_g}.$$

Punctele de intersecţie dintre curbele q_1 determinate de ecuaţia (27) şi dreapta determinată de ecuaţia (34), ne dă valorile lui Δ_2 corespunzătoare la diferite valori ale temperaturii aerului exterior t_1'.

Cu valorile lui Δ_2 astfel determinate, s-a tras în fig. 9 curba :

$$\Delta_2 = f(t_1')$$

Din fig. 9 se observă că, diferenţa Δ_2 dintre temperatura apei la ieşirea din turn şi tempe-

ratura aerului exterior, scade atunci cînd temperatura aerului exterior crește (efect de regulator).

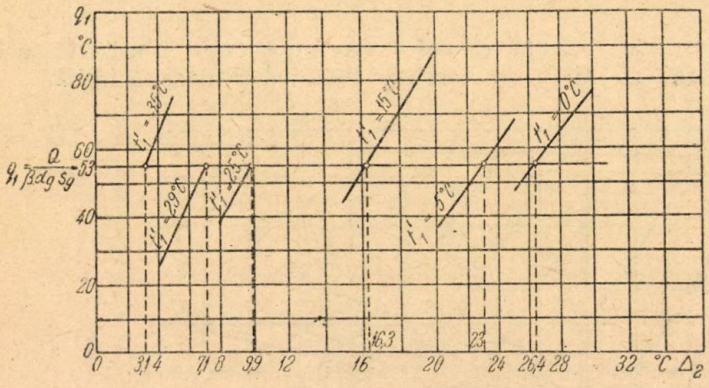


Fig. 8. Determinarea supratemperaturii apei la ieşirea din turn faţă de temperatura aerului exterior în funcţie de temperatura aerului exterior.

Ţinînd seamă de relaţiile :

$$t_2 = t_1' + \Delta_2 \qquad \text{(fig. 3)}$$

$$t_1 = t_2 + \Delta t_w$$

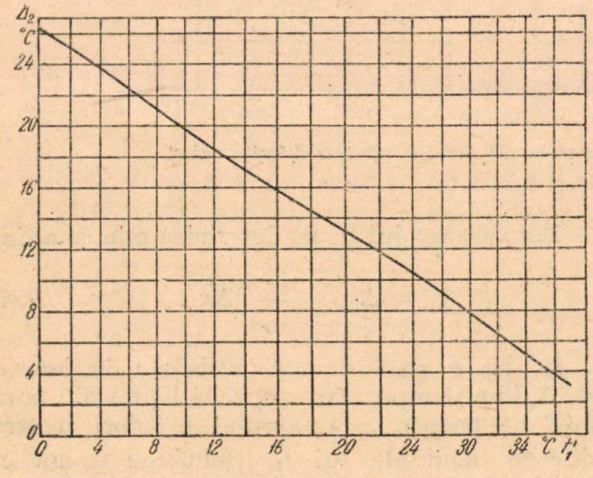


Fig. 9. Supratemperatura apei la ieşirea din turn faţă de temperatura aerului exterior în funcţie de temperatura aerului exterior.

s-au trasat în fig. 10 curbele :

$$t_2 = f(t_2')$$

şi

$$t_1 = f(t_2')$$

care reprezintă comportarea turnului la variaţia temperaturii aerului exterior.

b) *Determinarea curbei de variaţie a temperaturii apei la ieşirea din turn în funcţie de umiditatea aerului exterior.*

Tot cu ajutorul ecuaţiilor (31) şi (33) se poate afla influenţa variaţiei umidităţii aerului exterior φ_1, asupra temperaturii apei t_2 la ieşirea din turn, atunci cînd turnul este supus la o sarcină termică Q constantă iar temperatura t_1' a aerului nu variază.

În acest scop s-au trasat în fig. 11 curbele lui w_T şi w_z pentru $\varphi_1 = 0\%$ şi $\varphi_1 = 100\%$ în funcţie de Δt.

La intersecţia lui w_T şi w_z se determină valorile lui Δt care satisfac ecuaţiile (31) şi (33), respectiv se deduc vitezele reale ale aerului în turn.

In fig. 12 s-a trasat, cu ajutorul curbelor din fig. 11 curba : $(\Delta t = f(\varphi_1)$.

Pentru a se deduce celelalte elemente care definesc regimul de temperaturi din turn (dat în fig. 3) s-au trasat, cu ajutorul ecuaţiei (27) în fig. 13 curbele $q_1 = f(\Delta_2)$ pentru $\varphi_1 = 0\%$ şi $\varphi_1 = 100\%$.

Aceste curbe au fost tăiate de dreapta orizontală $q_1 =$ constant, obţinîndu-se valorile lui Δ_2 pentru diferite valori ale lui φ_1 şi cu ele s-a trasat în fig. 14 curba $\Delta_2 = f(\varphi_1)$.

Trebuie să se observe că curba din fig. 14 s-a trasat numai cu 2 valori ale lui φ_1, admiţîndu-se prin aceasta o va-

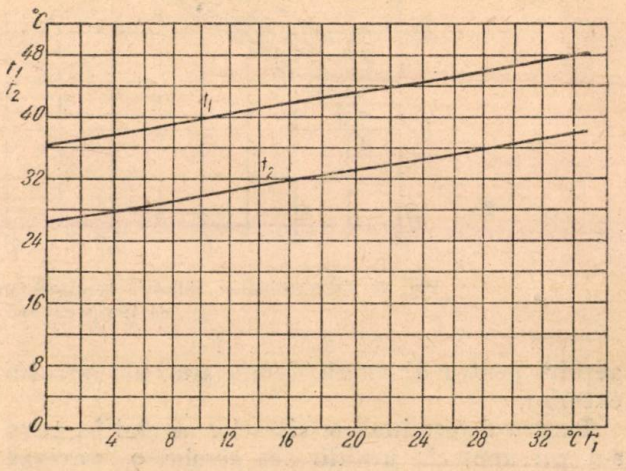


Fig. 10. Temperaturile apei la intrarea şi ieşirea din turn în funcţie de temperaturile aerului exterior.

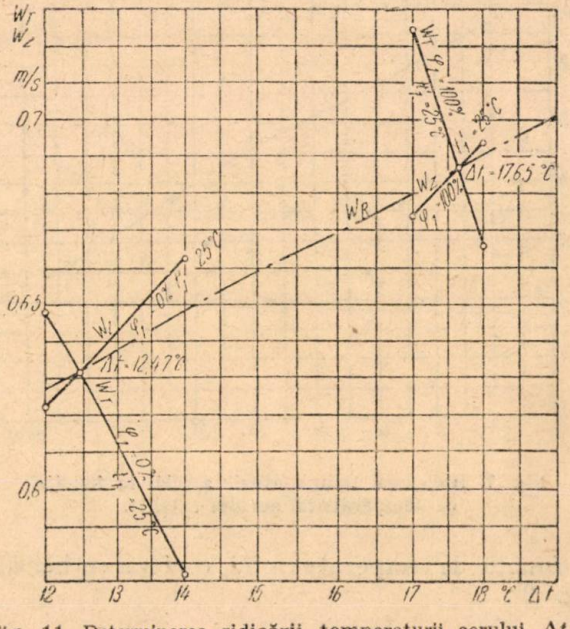


Fig. 11. Determinarea ridicării temperaturii aerului Δt în turn pentru diferite valori ale umidităţii aerului exteri o

riaţie liniară a lui Δ_2 în funcţie de φ_1. Din fig. 14 rezultă că Δ_2 este cu atît mai mare

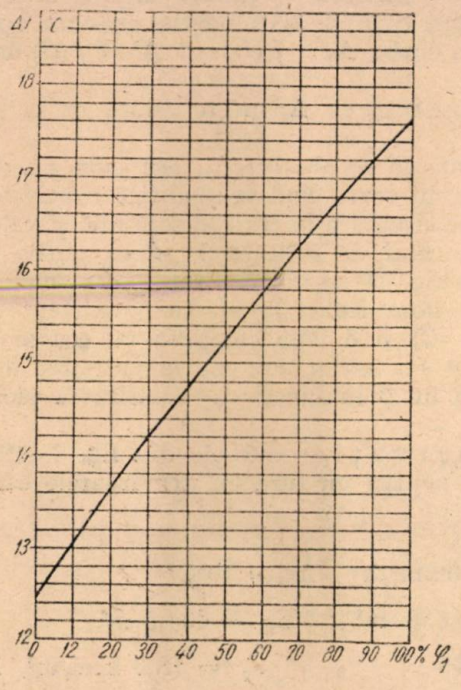


Fig. 12. Ridicarea temperaturii aerului în turn în funcţie de umiditatea φ_1 a aerului exterior.

turn se pot urmări tot cu ajutorul ecuaţiilor (31) şi (33).

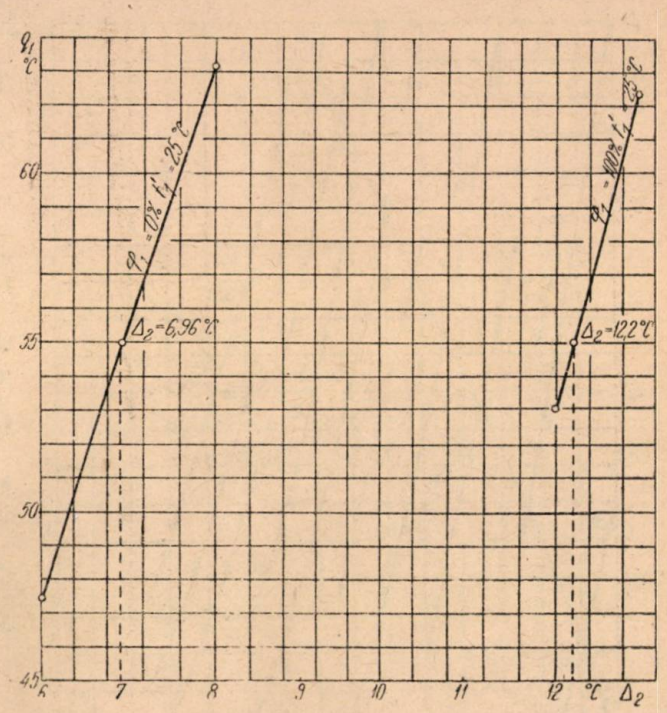


Fig. 13. Determinarea supratemperaturii apei la ieşirea din turn faţă de temperatura aerului exterior în funcţie de umiditatea aerului exterior.

cu cît umiditatea aerului φ_1 creşte sau cu alte cuvinte *temperatura apei la ieşirea din turn creşte dacă creşte umiditatea aerului.*

Dacă se deduc curbele $\Delta_2 = f(t_1')$ pentru diferite valori ale umidităţii aerului se obţin curbele din fig. 15 din care se trage concluzia că variaţia umidităţii φ_1 a aerului se face mult

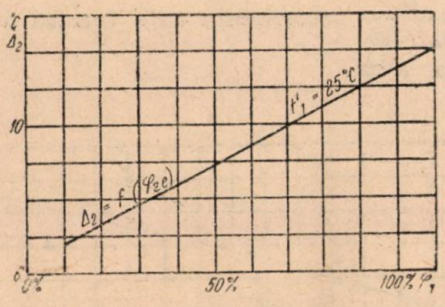


Fig. 14. Supratemperatura apei la ieşirea din turn faţă de temperatura aerului exterior în funcţie de umiditatea aerului exterior.

simţită asupra funcţionării turnului la temperaturi mai ridicate ale aerului exterior.

L. Funcţionarea turnului cînd se modifică sarcina termică

Consecinţele variaţiei sarcinii termice a turnului asupra temperaturii apei la ieşirea din

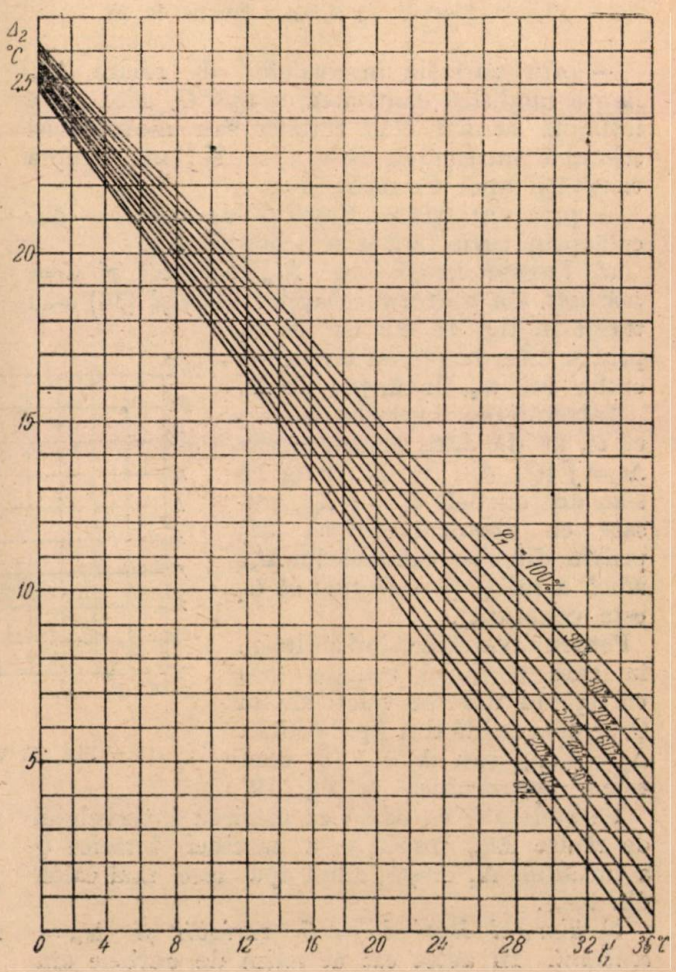


Fig. 15. Supratemperatura apei la ieşire din turn faţă de temperatura aerului exterior în funcţie de temperatura aerului şi pentru diferite valori ale umidităţii lui.

Modificarea sarcinii termice Q a turnului se poate face în 2 feluri :

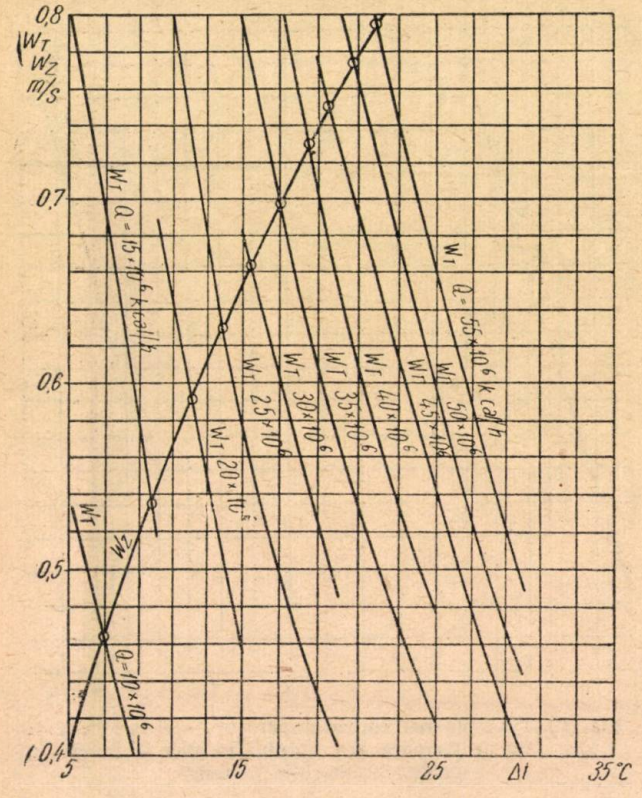


Fig. 16. Curbele w_T şi w_Z în funcţie de Δt

— prin variaţia intervalului de răcire Δt_w, fără a modifica cantitatea de apă G, ceea ce se întîmplă atunci cînd turbina sau motorul îşi schimbă încărcarea fără a se acţiona asupra cantităţii apei de răcire şi

— prin variaţia cantităţii G' de apă care circulă prin turn fără a se schimba Δt_w.

a) *Turnul lucrînd cu Δt_w variabil şi G = constant.* Cu ajutorul ecuaţiilor (31) şi (33) s-au trasat în fig. 16 curbele lui w_T pentru diferite sarcini termice şi curba lui w_z în funcţie de Δt.

Intretăierea curbelor lui w_T cu w_z ne dă date pentru curba $\Delta t = f(Q)$ din fig. 17. In fig. 18 s-au dus curbele $q_1 = f(\Delta_2)$, trasate cu ajutorul ecuaţiei (27) pentru diferite valori ale lui Δt_w, adică a lui Q (considerînd că G_1 este constant).

Pentru diversele valori ale lui q_1, la care conform ecuaţiei (34) corespund diverse valori ale lui Q, se determină din fig. 18 curba $\Delta_2 = f(\Delta t_w)$ sau $\Delta_2 = f(Q)$ care este reprezentată în fig. 19.

Se constată că odată cu mărirea intervalului de răcire Δt_w, respectiv a sarcinei termice Q a turnului, Δ_2 creşte, adică apa iese mai caldă din turn.

b) *Turnul lucrînd cu G_1 variabil şi Δt_w = constant.* In acest caz ne ferim de curbele din fig. 16 şi 17. Cu ajutorul curbei din fig. 17 se trasează în fig. 20 curbele $q_1 = f(\Delta_2)$ pentru un Δt_w = constant şi pentru diferite valori ale lui Q, din care se scot datele cu care apoi se trasează curba $\Delta_2 = f(Q)$ sau $\Delta_2 = f(G)$ dată în fig. 21.

Se constată că Δ_2 creşte odată cu creşterea lui Q.

Trebuie să se observe că, aşa cum s-a arătat mai sus, în cazul cînd se modifică cantitatea de apă care circulă prin turn se schimbă şi valoarea coeficientului de calitate β, deci curba $\Delta_2 = f(G)$ din fig. 21 este în realitate puţin schimbată.

Dacă vom ridica la un turn existent curba $\Delta_2 = f(G)$ şi o vom compara cu cea stabilită aşa cum s-a arătat mai sus se va putea deduce variaţia lui β în funcţie de densitatea ploii din turn.

Observaţie. Curbele din fig. 6—21 sînt trasate pentru un turn cu următoarele caracteristici :

$G = 3000$ m³/h ; $\Delta t_w = 10$°C ;

$S_g = 14{,}650$ m² ; $S_m = 407{,}5$ m² ;

$\beta = 2{,}79$; $\alpha_g = 13{,}5$ kcal/m², h, °C.

$Q = 30\,000\,000$ kcal/h.

$H = 32$ m ; $\xi = 104{,}5$

Dar aceste curbe pot avea un caracter general dacă se ţine seama de faptul că ecuaţiile (31) şi (33) se mai pot scrie :

$$w_T = \frac{L}{S_m \cdot \gamma \cdot 3600} = \frac{Q}{q_2 \cdot S_m \cdot \gamma \cdot 3600} = K_1 \frac{1}{q_2 \cdot \gamma}$$

unde :

$K_1 = \frac{Q}{S_m \cdot 3600}$ = constanta care variază de la un turn la altul.

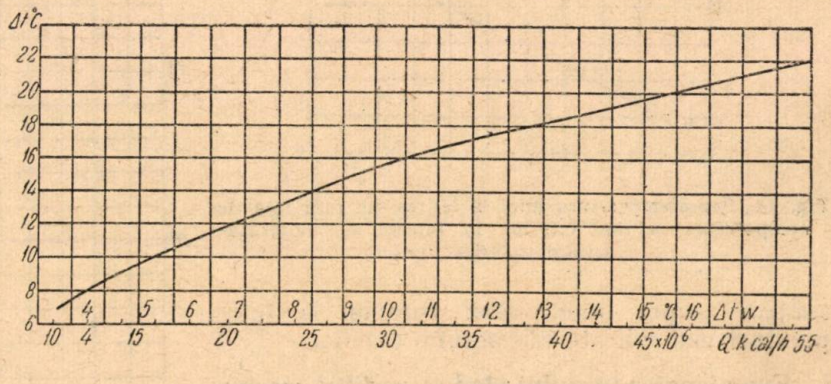


Fig. 17. Variaţia lui Δt în funcţie de Q respectiv Δt_w.

$$w_z = 2 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{\xi}} \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2}} = K_2 \cdot \sqrt{\frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2}}$$

unde :

$K_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot H}{\xi}}$ = constantă care variază de la un turn la altul.

M. Mijloace pentru a micşora diferenţa Δ_2 dintre temperatura apei la ieşire şi temperatura aerului

Pentru un turn de răcire existent se pune de multe ori problema ca la aceiaşi sarcină termică să se coboare temperatura t_2 a apei la ieşirea din turn, dar aceasta este tot una cu mărirea sarcinii termice a turnului lucrînd în condiţiile iniţiale.

Intr-adevăr din ecuaţia :

$$Q = \beta \cdot \alpha_g \cdot S_g \cdot q_1$$

se constată că putem mări pe Q dacă vom mări pe β, α_g S_g şi q_1.

Dacă vom mări pe q_1 vom obţine o creştere a sarcinii termice a turnului, totuşi trebuie să se observe că o creştere a lui q_1, considerînd pe Δt_w = constant, duce la o creştere a lui Δ_2 (fig. 20), adică apa va ieşi mai caldă din turn.

Dacă voim să micşorăm pe Δ_2, atunci q_1 va fi mai mic işi deci şi Q va fi mai mic.

Dacă voim să-l menţinem pe Q, atunci va trebui să se mărească β sau α_g ceea ce se realizează mărind viteza aerului, fapt necesar şi pentru eliminarea căldurii în condiţii de temperatură mai reduse.

Mărirea vitezei aerului se poate face prin următoarele mijloace :

— jet de abur sau de aer, montat deasupra jghiaburilor de apă, dat de eşapamentul de la motoare, sau aerul cald de la răcirea generatorilor etc. ;

— ventilator ;

— menţinerea unei flăcări de gaz deasupra jghiaburilor de apă (aplicabilă numai la turnurile din beton şi unde este gaz metan la dispoziţie).

Suprafaţa de răcire S se poate mări prin montarea de düse care să pulverizeze apa.

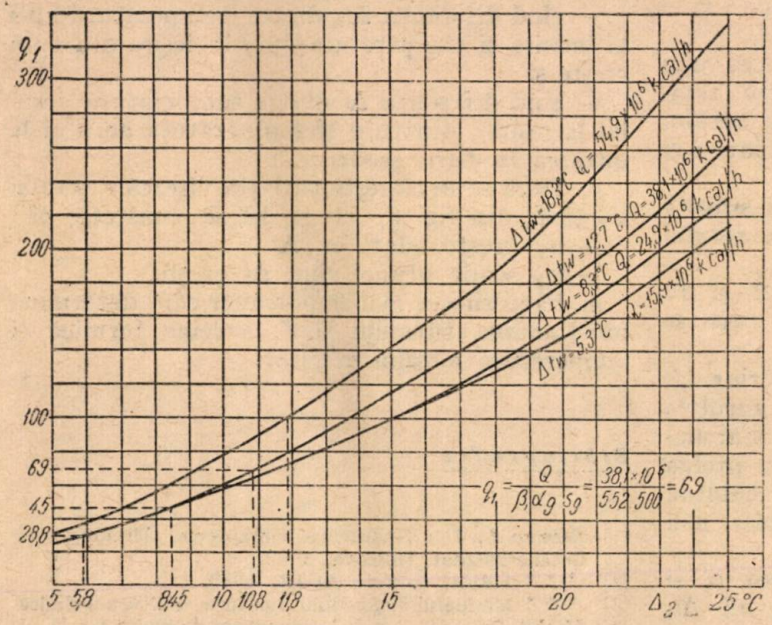


Fig. 18. Variaţia lui q_1 în funcţie de Δ_2.

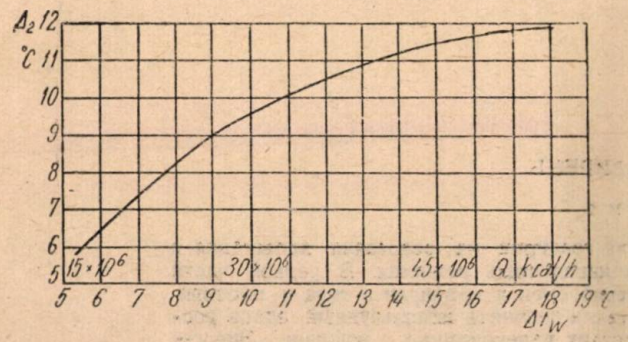


Fig. 19. Variaţia lui Δ_2 în funcţie de Δt_w respectiv Q.

N. Concluzii

1. Dacă se urmăreşte din fig. 9, 14, 15, 19 şi 21 diferenţa dintre temperatura apei la ieşire din turn şi temperatura aerului exterior Δ_2 se constată următoarele :

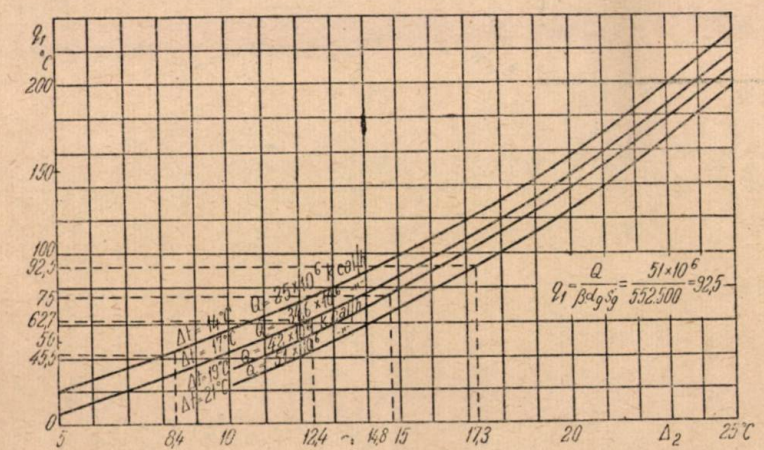


Fig. 20. Variaţia lui q_1 în funcţie de Δ_2 pentru Δt_w = 8,3°C = constant

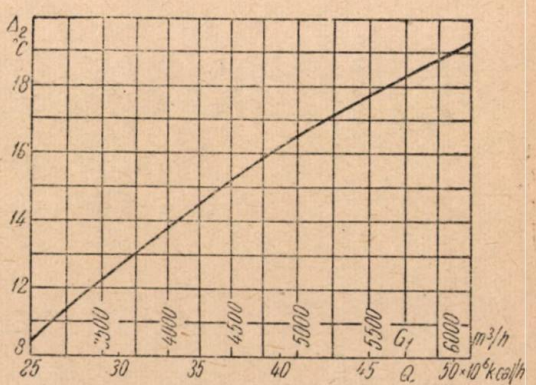


Fig. 21. Variaţia lui Δ_2 în funcţie de Q, respectiv G_1.

a) o *creştere* a temperaturii aerului exterior t'_1 provoacă o *scădere* a lui Δ_2, deoarece aerul la temperatură mai ridicată are posibilitate mai mare de a absorbi vaporii de apă.

b) *creşterea* umidităţii aerului exterior, creşterea diferenţei dintre temperatura apei calde şi temp. apei reci Δt_w şi creşterea cantităţii de apă (respectiv a ploii în turn) conduce la o *creştere* a lui Δ_2.

c) Temperatura aerului exterior are cea mai mare influenţă asupra diferenţei dintre temperatura apei din turn şi temperatura aerului exterior în sensul că o face să crească iarna şi să scadă vara.

d) Creşterea umidităţii φ_1 se face mai simţită asupra lui Δ_2 la temperaturi mai mari ale aerului exterior.

2. Dacă se urmăreşte din fig. 7, 12 şi 17 creşterea Δt a temperaturii aerului în turn se observă :

a) *Creşterea* temperaturii aerului exterior t_2', provoacă *scăderea* lui Δt, deoarece aerul la temperatură mai ridicată are posibilitate mai mare de a absorbi vaporii de apă deci de a prelua la o mică ridicare de temperatură o căldură mai mare, prin degajarea unei cantităţi mai mari de vapori (a se vedea fig. 1).

b) *Creşterea* umidităţii aerului exterior φ_1 şi creşterea lui Δt_w produce o *creştere* a lui Δt.

c) variaţia temperaturii aerului exterior t_1' conduce la un Δt mare iarna şi un Δt mai mic vara.

3. Din fig. 8, 13, 18 şi 20 se constată că transmiterea de căldură prin suprafaţă în turn, respectiv q_1 creşte atunci cînd :

— diferenţa Δ_2 dintre temperatura apei la ieşirea din turn şi temperatura aerului creşte ;

— cînd temperatura t'_1 a aerului exterior creşte

— cînd umiditatea φ_1 a aerului scade ;

— cînd diferenţa Δt_w dintre temperatura apei la intrare şi temperatura apei la ieşire din turn creşte şi

— cînd diferenţa Δt dintre temperatura aerului la ieşirea din turn şi temperatura aerului la intrarea în turn scade.

4. Dacă se urmăreşte variaţia vitezelor aerului w_T şi w_z din fig. 6, 11 şi 16 se constată că :

— w_z creşte odată cu Δt

— w_T scade atunci cînd Δt creşte.

5. Factorii cei mai importanţi care determină funcţionarea turnului sînt : sarcina termică şi temperatura aerului exterior.

Bibliografie

[1] *Berman L. D.* : Isparitelnoe Ohlajdenie, Ţirculaţionnoi Gosenergoizdat Moscova, 1949.

[2] * * * Hütte, Editura AGIR, 1949.

[3] * * * Manualul Inginerului mecanic, Editura Tehnică.

[4] *Merkel Fr.*, dr., ing. : Verdunstungskühlung V. D. I. 1926, pag. 123.

[5] *Chitic Gh. ing.* : Metodă pentru calculul termic al turnurilor de răcire, Revista Metalurgia, nr. 2/1953.

★

РАБОТА ГРАДИРЕНЬ

Резюме

Дается метод определения характеристик градирни на основании испытания и расчет работы градирни при отличных от номинального режимах. В первой части кратко излагается теория мокрого воздуха, теплообмен в градирни и тяга в постоянном режиме. Для того чтобы позволить читателям сравнить используемый здесь расчетный метод с выведенными формулами в статьях напечатанных в журнале „Энергетика" № 5—1953 и 2—1954, введенны те же обозначения.

INFLUENŢA LINIILOR DE ENERGIE ASUPRA LINIILOR DE TELECOMUNICAŢII ÎN LUMINA STANDARDULUI 832—49 *)

Ing. AUREL ROTMAN

Se analizează influenţa electrică şi magnetică a liniilor de energie asupra liniilor de telecomunicaţii în legătură cu perturbaţiile şi riscul de accident provocat de această influenţă. Se caută să se sistematizeze categoriile de linii de energie în legătură cu aspectul influenţei care predomină. Se indică deficienţele în această materie a Standardului 832—49. Se fac propuneri pentru îndreptarea şi ameliorarea conţinutului Standardului.

Realizarea practică a liniilor de transport de energie electrică, impune de cele mai multe ori coexistenţa pe trasee învecinate a liniilor de energie cu linii de telecomunicaţii. În aceste condiţii este necesar să se cerceteze pe de o parte care sînt efectele acestei coexistenţe, cu alte cuvinte să se determine valoarea influenţei inductive electrice şi magnetice, iar pe de altă parte să se stabilească mijloacele de protecţie împotriva acestor acţiuni inductive.

Trebuie menţionat de la început, indiferent că este vorba de influenţa electrică sau de cea magnetică, că este totdeauna necesar să luăm în considerare două categorii de efecte :

1. Pericolul de accident pentru personalul care deserveşte instalaţiile de telecomunicaţie (şocuri electrice şi acustice) şi riscul de deteriorare a aparatajului respectiv.

2. Efectul perturbator asupra comunicaţiei telefonice sau telegrafice produs de apariţia în circuitul liniei de telecomunicaţii a unor tensiuni şi curenţi paraziţi.

Mecanismul de inducere a unor tensiuni şi curenţi pe cale electrică sau magnetică a fost analizat în literatura noastră tehnică de prof. I. Constantinescu [1].

Ne vom mărgini aici să reamintim că efectul total datorit inducţiei electrice este suma acestor două efecte, *care din punct de vedere fizic nu pot fi separate* ; deoarece însă în orice situaţie de funcţionare a liniei de energie valoarea acestor două aspecte ale influenţei inductive este mult diferită ca ordin de mărime, nu se comite o eroare mare în raport cu celelalte aproximaţii al calculului, dacă se evaluează numai efectul care predomină.

În legătură cu acest fapt trebuie să arătăm de la început că Standardul (STAS 832-49) care reglementează condiţiile de coexistenţă a liniilor de energie şi telecomunicaţie şi care tratează separat aceste două influenţe nu ţine seama de necesitatea de a preciza această distincţie în mod practic, lucru pe care îl vom arăta în cele ce urmează.

În acest scop este necesar să analizăm mai întîi cum intervin cantitativ aceste două aspecte ale influenţei (magnetică şi electrică) în cele două categorii de efecte amintite mai sus (pericolul de accident şi perturbaţiile).

Perturbaţii. În ceea ce priveşte efectul perturbator, nu trebuie să se ia în considerare decît influenţa produsă de liniile de energie în stare normală de funcţionare, deoarece prin lichidarea rapidă a defectului, influenţa perturbatoare în regim de avarie poate fi desconsiderată. Standardul exceptează de la această regulă liniile care nu au „securitate mărită", pentru care este necesar să se determine perturbaţiile produse în caz de punere accidentală la pămînt a unei faze, în această situaţie existînd un regim de avarie „de durată".

De aici rezultă — lăsînd momentan la o parte noţiunea de linie cu „securitate mărită" care de altfel este definită în STAS 832-49 într-un mod care nu mai corespunde stadiului actual al tehnicii — că efectul perturbator (în cazul liniilor de energie simetrice) este în funcţie numai de cîmpul electric, deoarece efectul cîmpului magnetic în regim normal de funcţionare este neglijabil, în această situaţie valoarea curenţilor care trec prin linia de transport de energie satisfăcînd relaţia $\Sigma I = 0$ **). Deoarece linia de telecomunicaţie prezintă o distanţă faţă de linia de energie, care este mare în raport cu distanţa între fazele liniei de energie, se pot neglija diferenţele între distanţele fiecărei faze a liniei de energie şi linia de telecomunicaţii, aşa încît suma efectelor curenţilor care trec prin linia de energie asupra liniei de telecomunicaţii, este practic nulă.

Perturbaţia produsă de cîmpul magnetic în funcţionare normală datorită armonicilor multiplu de 3 — care alcătuesc componente homopolare — şi datorită disimetriilor capacitive, poate fi de asemenea neglijată.

În STAS 832-49 nu este pus suficient de clar în evidenţă faptul că influenţa magnetică în funcţionare normală a liniilor de energie simetrice poate fi neglijată.

Acest lucru este datorit în parte faptului că, în cazul liniilor cu neutrul legat la pămînt, riscul

*) *Linii electrice aeriene.* **Limitarea efectelor de inducţie asupra liniilor de telecomunicaţie. Prescripţii STAS 832-49.**

**) Această relaţie este satisfăcută şi în cazul defectelor în care nu intervin curenţi de întoarcere prin pămînt adică componente homopolare sau reziduale. În consecinţă defectele respective (scurtcircuit trifazat, scurtcircuit bifazat), nu au deasemenea nici o influenţă asupra liniei de bifcomunicaţii.

de accident în cazul unui scurtcircuit monofazat cu pămîntul, conduce la condiţii grele, aşa încît prin satisfacerea acestora se rezolvă implicit toate celelalte influenţe (v. art. 43).

În special în ceea ce priveşte influenţa magnetică a componentelor homopolare în regimul normal de funcţionare a liniei de energie, trebuie remarcat că STAS 832-49 consideră că, pentru liniile telegrafice există pericolul de a apare perturbaţii excesive (v. pct. 45) datorită curentului homopolar existent pe o linie de energie în regim normal. Ori, se poate afirma că din punct de vedere practic calculul *) componentei homopolare a curentului din regim normal nu poate fi efectuat deoarece disimetriile reale ale liniei de energie şi mărimea armonicelor nu pot fi predeterminate. În consecinţă articolul 45 (partea care se referă la linii trifazate) este practic inaplicabil.

Risc de accident. În ceea ce priveşte pericolul de accident trebuie să menţionăm că acesta apare în cazul regimului de avarie pe linia de energie, adică fie în cazul unei puneri accidentale la pămînt pentru o linie cu neutrul izolat **), fie în cazul unui scurtcircuit monofazat cu pămîntul, în cazul unei linii cu neutrul legat la pămînt. În prima situaţie influenţa predominantă este cea electrică, iar în cazul al doilea influenţa magnetică. Dacă cercetăm care este ponderea acestor două influenţe, rezultă că amplitudinea tensiunii induse de cîmpul electric, scade rapid cu cît distanţa între linia de energie şi cea de telecomunicaţie creşte, pe cînd amplitudinea tansiunii induse de cîmpul magnetic scade mult mai puţin. Pentru o linie de telecomunicaţie plasată la o distanţă de 100 m de o linie de înaltă tensiune de 110 kV este necesar un paralelism de circa 65 km ca să se depăşească limita prescrisă (STAS 832-49 § 37) privind riscul de accident datorit *inducţiei electrice*. Dacă se consideră însă riscul de accident datorit inducţiei magnetice provocat de trecerea prin linia de energie a unui curent de scurtcircuit homopolar de circa 800 — 1 000 A, atunci linia de telecomunicaţie nu poate avea un paralelism mai lung de circa 3 km, pentru apropieri de 100 m şi circa 10 km pentru apropieri de 1 000 m.

Se vede de aici că influenţa magnetică — este în cazul riscului de accident determinat de regimul de avarie al liniei de energie — mai importantă (intervine cu o pondere mai mare), ca influenţă electrică şi conduce la valori mari ale tensiunii induse. În plus, mijloacele de remediere a efectelor inducţiei magetice, conduc la condiţii mai grele, de cele mai multe ori trebuind să se recurgă la soluţia extremă — mutarea circuitelor de telecomunicaţii; pe de altă parte introducerea liniei de telecomunicaţie în cablu subteran, deşi suprimă practic efectul inducţiei electrice, nu aduce nici o apărare în contra efectelor datorite inducţiei magnetice; împotriva acestora trebuie să se recurgă la secţionări, montări de descărcătoare, bobine de drenaj sau transformatori de izolare etc.

Rezultă în consecinţă, că un pericol foarte mare în coexistenţa pe trasee paralele a liniilor de energie cu linii de telecomunicaţii-pericol care nu poate fi înlăturat printr-o mică îndepărtare (200 — 300 m) sau o introducere în cablu a liniei de telecomunicaţii — este provocat în special de influenţa magnetică, care apare în momentul cînd pe linia de energie circulară un curent homopolar, avînd o valoare importantă (cîteva sute sau mii de A).

Din analiza făcută pînă acum asupra perturbaţiilor şi riscului de accident rezultă:

— perturbaţiile excesive trebuie să se determine în regim normal de funcţionare a liniei de energie influenţa care se ia în considerare fiind cea electrică;

— condiţiile impuse de protecţia contra riscului de accidet, impun măsuri mai grele ca cele corespunzînd perturbaţiilor excesive;

— Influenţa magnetică a componentelor homopolare este factorul determinant în evaluarea riscului de accident. Această evaluare se operează în regim de avarie a liniei de energie.

— pentru linile, la care apariţia componentelor homopolare este puţin probabilă, se ia în considerare numai influenţa electrică.

Caracteristicele liniei de energie

Analiza modului cum apare influenţa magnetică, nu se poate efectua fără a ţine seama de caracteristicele liniei de energie care produce această influenţă.

S-a arătat anterior, că în special curenţii homopolari-care se închid prin pămînt — duc la influenţe magnetice importante. În consecinţă cercetarea de mai jos va analiza tocmai posibilitatea de apariţie a curenţilor homopolari.

În general, pe linii simetrice de energie astfel de curenţi nu circulă decît în situaţii de avarie şi anume:

— la linii avînd punctul neutru al transformatorului pe partea de inaltă tensiune legat direct la pămînt în cazul unui scurtcircuit monofazat cu pămîntul;

— la linii de energie cu neutrul izolat în cazul unei duble puneri la pămînt.

Statistica de exploatare arată că punerile monofazate la pămînt, reprezintă 70 — 80% din numărul total de defecte care pot apare pe o linie aeriană. Rezultă de aci că probabilitatea de a avea o dublă punere la pămînt este mult mai mică decît probabilitatea de apariţie a unei simple puneri la pămînt. Trebuie să se ţină seama în plus, că punerea simplă la pămînt duce la curenţi mari de scurtcircuit — deci la influenţa magnetică importantă — numai în cazul liniilor cu neutrul legat direct la pămînt. Este normal, în consecinţă faptul că un anumit timp a predominat în tehnica protecţiei liniilor de telecomunicaţii, tendinţa de a lăsa linia de energie cu neutrul izolat (în sensul STAS 832-49).

*) Pentru calculul teoretic al disimetriilor vezi bibliografia [2].

**) Noţiunea de linie cu neutrul izolat se înţelege în sensul definiţiei din STAS 832-49 (art. 15).

Ideea de a menține rețeaua de energie cu neutrul izolat pentru a micșora importanța influenței magnetice asupra liniilor de telecomunicații, nu duce totuși la o soluție satisfăcătoare la rețelele de foarte înaltă tensiune (110 kV și mai mult, întrucît în cazul cînd neutrul rămîne izolat *) punerile simple la pămînt pot provoca supratensiuni care transformă defectul inițial în dubla punere la pămînt. Numai pentru linii cu tensiuni mai mici sau egale cu 60 kV avînd neutrul izolat și construite cu „securitate mărită" se poate considera că punerile la pămînt nu se pot transforma în duble puneri la pămînt, așa încît influența magnetică rămîne neînsemnată pericolul de accident fiind condiționat de influența electrică care apare în cazul unei puneri la pămînt simple.

Tendința actuală este să se lege direct la pămînt punctele neutre ale rețelelor de foarte înaltă tensiune ($\geqslant 110$ kV). Protecția liniilor de telecomunicații contra efectelor influenței magnetice care apare în momentul apariției pe linia de energie a unui curent de scurtcircuit cu pămîntul (ca rezultat al unei puneri la pămînt accidentale) este asigurată de obicei de timpii mici de declanșare a întrerupătoarelor moderne din rețeaua de energie și de descărcătorii *existenți pe linia de telecomunicații*.

Pentru rețelele de energie cu tensiune < 60 kV care în mod normal au neutrul izolat, apare interesant să se poată defini domeniul în care se poate neglija — atît în regim normal, cît și în regim de avarie — influența magnetică astfel încît să ne limităm la calculul influenței electrice. Acest lucru este posibil numai pentru liniile definite ca prezentînd „securitate mărită".

Conform standardului (STAS 832-49) o linie se numește cu securitate mărită dacă sînt îndeplinite umătoarele condiții :

— rigiditatea dieletrică a liniei și a instalațiilor care sînt mecanic solidare cu linia este mult superioară aceleia care corespunde tensiunii de încercare obișnuită pentru tensiunea de serviciu a liniei considerate.

— linia este supravegheată în mod special, astfel încît o punere la pămînt accidentală poate să fie suprimată în mai puțin de trei ore.

Trebuie să menționăm, că în timp ce a doua condiție este satisfăcută aproape de toate liniile de energie importante — căci prescripțiile MEEIE pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică peste 1 000 V impun (art. 168) existența posturilor de supraveghere si control — așa încît localizarea și ridicarea defectelor se face foarte rapid, prima condiție este însă în practică foarte rar satisfăcută, deoarece rețelele nu se construesc cu izolație mai mare decît cea necesitată de tensiunea de exploatare. De altfel este important să analizăm în ce măsură această condiție intervine în problema noastră.

In fond noțiunea de linie cu securitate mărită se referă la acele rețele la care probabilitatea de apariție a unei duble puneri la pămînt, este foarte mică, iar punerea simplă la pămînt este în scurt timp înlăturată.

Experiența de exploatare a liniilor de transport de energie a arătat că rețelele avînd izolație normală în bună stare și pentru care s-au luat măsuri de tratare a neutrului prin bobină de stingere, pot fi echivalate cu rețelele prezentînd „siguranța mărită" în sensul (STAS 832-49). Acest lucru are loc pentru toate rețelele mai importante (de 60 și 35 kV) care funcționează cu neutrul tratat prin bobina de stingere.

În ceea ce privește rețelele relativ întinse, fără protecție specială și care au neutrul netratat acestea pot conduce în anumite situații la duble puneri la pămînt. Aceste rețele au în general o importanță mai restrînsă și au tensiuni nominale sub 35 kV. Experiența de exploatare a acestor rețele a arătat că influența lor asupra liniilor de telecomunicații în general nu este importantă.

Posibilitatea de a neglija apariția unei duble puneri la pămînt la rețelele de energie cu neutrul izolat, este de astfel recunoscută de pravila sovietică [4] care la art. 72 menționează următoarele :

„La linii trifazate și monofazate de transport cu neutrul izolat se poate nesocoti posibilitatea dublei puneri la pămînt la apropierea cu toate liniile de telecomunicații și semnalizare cu excepția liniilor blocului semiautomat de cale ferată".

Din cele expuse mai sus se deduce că rețelele de energie cu tensiunea $110 \text{ kV} > U \geqslant 35$ kV și care au neutrul izolat în sensul Standardului, pot fi considerate practic ca prezentînd securitate mărită și în consecință se poate neglija la aceste rețele influența perturbatoare magnetică".

Acest fapt permite să se recurgă la ipoteze de calcul care să conducă la o securitate suficientă fără a prejudicia latura economică a problemei. Este necesar să se admită în standard o formulare echivalentă cu art. 94 din pravilă [4] care precizează în esență următoarele :

Influența perturbatoare a liniilor de transport de energie cu neutrul izolat, ale Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S. se calculează considerîndu-le în bună stare cu condiția ca punerea accidentală la pămînt a uneia din fazele liniei de energie să fie înlăturată în cel mult 2 ore de la producerea ei.

Din cele arătate putem trage concluzia că noțiunea de linie cu „securitate mărită" așa cum este definită în STAS 832-49 nu este operantă și corespunde unui stadiu al tehnicei și al relațiilor între întreprinderile care exploatează rețelele de energie și telecomunicații care este mult depășit.

Pe lîngă acest fapt, în standard nu este luat în considerare în mod explicit — în legătură cu fiecare categorie de linie de energie — aspectul influenței care predomină și o serie de noțiuni sînt insuficient precizate și nu pot fi utilizate în practică. Ce asemenea s-au strecurat în standard o serie de neconcordanțe și nepreciziuni care fac textul confuz și îngreuiază munca de proiectare.

*) Chiar dacă neutrul este tratat prin bobină la tensiuni așa de mari, limitele de reglaj ale bobinei devin foarte mari și în anumite situații ale rețelei, bobina rămîne subacordată.

În cele de mai jos vom arăta unele din aceste lipsuri ale standardului care trebuie eliminate cu ocazia revizuirii lui. Discuţia de mai jos presupune, că cititorul cunoaşte stipulările STAS-ului 832-49. Trebuie să se reţină că în procesul influenţei unui linii de energie asupra unei linii de telecomunicaţii, este important de ştiut dacă influenţa predominantă în sensul celor discutate anterior, este de natură electrică sau maegnetică.

Cu alte cuvinte este foarte important să se definească defectul în aşa mod încît să se poată şti, dacă este vorba de următoarele două categorii distincte :

— scurtcircuit monofazat cu pămîntul (linii cu neutrul legat la pămînt) sau dublă punere la pămînt (linii cu neutrul izolat), defecte care provoacă circulaţia unor componente homopolare de curent şi în consecinţă fac determinantă influenţa magnetică ;

— punere la pămînt (linii cu neutrul izolat) defect care nu provoacă circulaţia unor componente homopolare de curent şi în consecinţă face determinantă influenţa electrică.

Acest lucru caută să-l lămurească punctul 29 din standard.

La punctul 29 se constată însă că în locul termenului de „dublă punere la pămînt" (utilizat la punctul 28 b_2) se foloseşte termenul de „scurtcircuit pe o fază". Acest ultim termen este interpretat în alte părţi ale standardului ca „punerea la pămînt". În adevăr la punctul 41 se menţionează „curentul de încărcare în amperi prevăzut la punctul 29 $C_3\beta$ produs prin inducţia electrostatică".

În realitate la punctul 29 $C_3\beta$ se vorbeşte despre „curentul indus de cîmpul magnetic".

Se observă deci că în formularea de la punctul 29 C_3 este vorba de inducţia magnetică produsă de un curent homopolar ce circulă prin linia de energie în cazul unei duble puneri la pămînt, pe cînd în formularea de la punctul 41, este vorba de inducţia electrică datorită unei puneri la pămînt pe linia de energie.

La acelaşi punct 29 din standard la par. 29 $C_1\alpha$ se face următoarea menţiune :

„Dacă liniile cu neutrul izolat sînt de tipul cu securitate mărită se convine a nu se lua în considerare efectul lor perturbator".

Deoarece la acest punct este vorba de influena produsă de o linie de energie *în funcţionare normală*, gradul de securitate a liniei nu intervine aşa încît formularea de mai sus este greşită. Acest lucru face dealtfel ca punctul 38 să conţină următoarea formulare lipsită de sens.

„La liniile de transport fie cu neutrul pus la pămînt, fie cu neutrul izolat, dar construite cu securitate mărită (?) pentru calculul perturbaţilor prevăzute la punctul 29 $C_1\alpha$ se vor considera lungimi de apropiere" . . .

O altă serie de deficienţe a standardului provin din faptul, că nu ţine seama de necesităţile actuale de a adopta pentru construcţia liniilor de transport de energie, construcţii cît mai economice.

La punctul 76 cap. VIII b se interzice utilizarea liniilor de transport care utilizează pămîntul drept conductor de întoarcere. Ţinînd seama de necesitatea de a se recurge actualmente la utilizarea sistemului cu doi conductori — pămînt cît şi la necesitatea de a folosi reanclanşarea ultrarapidă monofazată, care la persistarea defectului să comute schema de conexiuni pentru o funcţionare în două faze, se impune neapărat revizuirea standardului şi introducerea unui capitol care să indice măsurile ce trebuie luate în aceste cazuri.

De asemenea la punctul 80, cap. VIII b se recomandă adoptarea schemei de transpunere completă (de tip β) care duce la micşorarea ciclului de transpunere şi la mărirea numărului de stîlpi de rotire de fază, cu alte cuvinte la construcţii mai neeconomice. Cercetări recente [2] au arătat că nici din punct de vedere teoretic nu este fundată această condiţie, lungimea ciclului de transpunere putînd fi mult mărită, iar schema de transpunere cît mai simplificată, fără ca prin aceasta să se creeze vreun prejudiciu liniei de telecomunicaţie.

De asemenea anexele standardului ar trebui să fie prelucrate.

Anexa 3 privind mecanismul de producere a inducţiei electrice şi magnetice, este o prezentare simplificată care nu are legătură cu textul standardului.

Anexa 6 privind calculul curentului de scurtcircuit monofazat, prezintă mai mult un interes teoretic, deoarece metoda actuală practică de calcul (metodă aproape universală), se bazează pe curbe de calcul şi se lucrează în unităţi relative utilizîndu-se de obicei puteri raportate la o putere de bază [3].

De asemenea lipseşte o hartă a conductivităţii solului pentru diversele regiuni din R.P.R., sau cel puţin indicaţii cît de sumare pentru a putea face (în funcţie de regiune) o predeterminare a valorii conductivităţii solului. Acest fapt face să fie lăsată la latitudinea proiectantului (deoarece determinări în fiecare caz în parte necesită măsurători ce nu pot fi efectuate în cadrul proiectelor de protecţie a liniilor de telecomunicaţii), alegerea valorii conductivităţii solului. Ţinînd seama de variaţia foarte mare a inductanţei mutuale în funcţie de valoare a conductivităţii solului pot rezulta în anumite situaţii valori ale tensiunii induse mari, în raport cu cele reale şi care să impună investiţii importante pentru protejarea liniilor de telecomunicaţii.

Concluzii

În acest articol s-au arătat o serie de deficienţe şi neclarităţi care există în standardul 832-49 şi care îngreuiază aplicarea lui.

În consecinţă standardul 832-49 trebuie revizuit ţinîndu-se la prezentarea efectelor influenţei electrice şi magnetice în legătură cu tipul liniei de transport de energie şi cu modul de tratare a neutrului acestei linii.

Este necesar să se arate că, pentru liniile de transport cu neutrul izolat, predomină influenţa

electrică, iar pentru cele cu neutrul legat direct la pămînt, influenţa magnetică.

Influenţa perturbatoare trebuie considerată pentru regimul normal de funcţionare, renunţîndu-se la noţiunea de linie „cu securitate mărită".

Influenţa care poate duce la pericol de accident, trebuie evaluată în situaţiile cele mai dezavantajoase.

Pentru linii cu neutru legat la pămînt aceste situaţii au loc la scurtcircuit, cînd apar componente homopolare care se întorc prin pămînt deci predominant pentru aceste linii este influenţa magnetică. Pentru linii cu neutru izolat aceste situaţii apar la o punere la pămînt, deci predominantă este influenţa electrică. Dubla punere la pămînt, este o situaţie limită şi trebuie desconsiderată în general.

În sfîrşit, este necesar, ca standardul să utilizeze a singură nomenclatură privind scurtcircuitele cu pămîntul şi să se revizuiască în special punctul 29 din standard.

Punctul 45 necesită de asemenea explicaţii suplimentare.

Anexele standardului trebuie revizuite ca să folosească ca piese de calcul şi să nu rămîe numai introduceri teoretice.

Bibliografie

[1] *Constantinescu I.* Reglementarea condiţiilor de coexistenţă a liniilor de energie cu cele de telecomunicaţie, Rev. Electricitatea, nr. 2/1948.

[2] *Melnicov şi alţii*: Transpunerea liniilor lungi de transport al energiei electrice, Electricestvo, 1/1953.

[3] *Ulianov*: Scurtcircuite în sisteme electrice, GEI/1952, (trad. Editura Energetică de Stat, 1954.

[4] . * . : Reguli de protecţie a instalaţiilor de telecomunicaţii şi semnalizare împotriva acţiunii dăunătoare a instalaţiilor de curenţi tari, GEI, 1944.

★

ВЛИЯНИЕ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ЛИНИИ СВЯЗИ В СВЕТЕ СТАНДАРТА 832—49

Р е з ю м е

Анализируется электрическое и магнитное влияние линий электропередачи на линии связи, в связи с помехами и возможностью несчастного случая из-за этого влияния.

Производится попытка систематизации категорий ЛЭП в связи с видом преобладающего влияния.

Указывлются недостатки стандарта 832-49. Делаются предложения по поправке и улучшению содержания стандарта.

CONSIDERAŢII ASUPRA CALCULULUI EFORTURILOR IN CONDUCTE AUTOPORTANTE SUBŢIRI REZEMATE LA CAPETE

Ing. A. FILOTTI

Ţinînd seama de condiţiile de deformare elastică şi de condiţiile de rezemare, se indică o nouă metodă de calcul a conductelor autoportante. Se stabilesc formule de calcul pentru ipotezele de încărcare din greutatea proprie, greutatea apei şi suprapresiunea apei din interior.

Generalităţi

In general calculul conductelor autoportante se face considerînd conducta o grindă de secţiune inelară şi se calculează eforturile datorite încărcării din greutatea proprie şi din greutatea apei; eforturile datorite presiunii apei din interior fiind pe o direcţie perpendiculară eforturilor din primele ipoteze de încărcare se calculează pe baza formulei cazanelor.

In cele ce urmează se indică o metodă de calcul a eforturilor ţinînd seama de condiţiile de deformare elastică.

Se notează:

$n_x = \sigma_x \delta$;
$n_\varphi = \sigma_\varphi \delta$;
$n_{x\varphi} = \tau_{x\varphi} \delta$;
$n_{\varphi x} = \tau_{\varphi x} \delta$;
u — deplasarea pe direcţia generatoarei;
v — deplasarea pe direcţia tangentei;
w — deplasarea pe direcţia razei;
X — forţa pe direcţia generatoarei;
Y — forţa pe direcţia tangentei;
Z — forţa pe direcţia razei.

Se fac următoarele convenţii de semne:
n_x şi n_φ sînt pozitive cînd reprezintă tensiuni,
X şi Y sînt pozitive cînd sensul lor este în sensul crescător al lui x şi φ;
Z este pozitiv cînd este îndreptat spre interiorul conductei.

B. Calculul eforturilor în cazul general

Se consideră un element infinit mic dintr-o conductă, avînd dimensiunile dx, $rd\varphi$ şi δ, (fig. 1). Condiţiile de echilibru pentru acest element sînt:

$$\frac{\partial n_x}{\partial x} dx\,(r\,d\varphi) + \frac{\partial n_{x\varphi}}{\partial \varphi} d\varphi\,dx + X\,(dx\,r\,d\varphi) = 0$$

$$\frac{\partial n_{x\varphi}}{\partial x} dx\,(r\,d\varphi) + \frac{\partial n_\varphi}{\partial \varphi} d\varphi\,dx + Y(dx\,r\,d\varphi) = 0 \quad (1)$$

$$n_\varphi\,dx\,d\varphi + Z\,(dx\,r\,d\varphi) = 0.$$

Prin simplificare cu $dx\,d\varphi$ şi apoi prin integrare se obţine:

$$n_\varphi = -Z_r$$

$$n_{x\varphi} = -\int\left(Y + \frac{1}{r}\frac{\partial n_\varphi}{\partial \varphi}\right) dx + C_1(\varphi) \quad (2)$$

$$n_x = -\int\left(X + \frac{1}{r}\frac{\partial n_{x\varphi}}{\partial \varphi}\right) dx + C_2(\varphi).$$

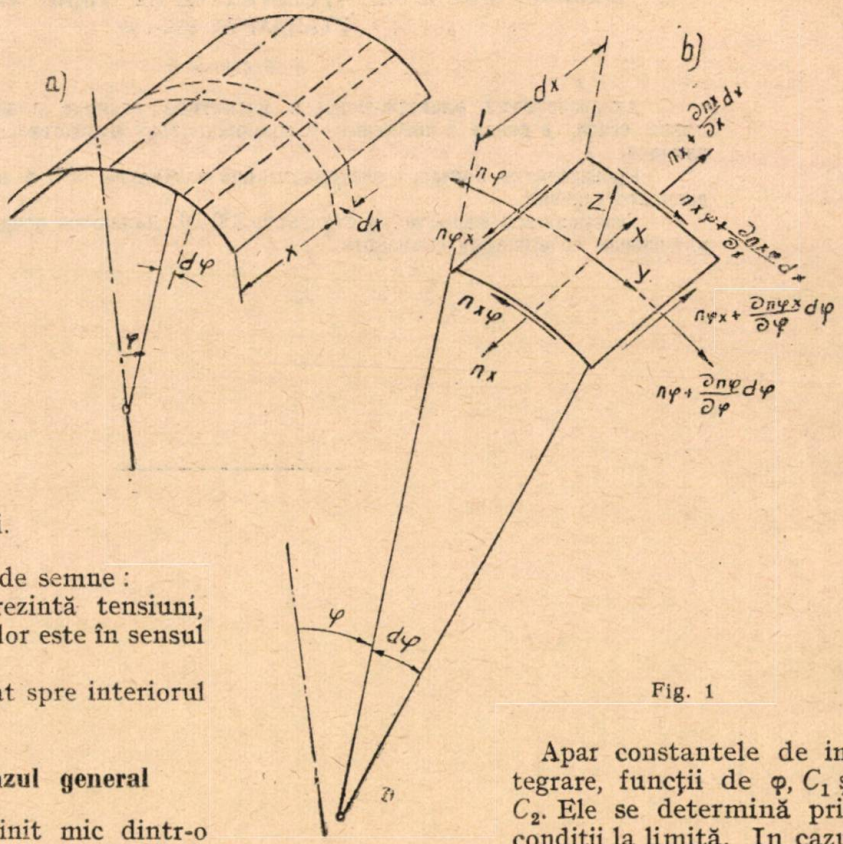


Fig. 1

Apar constantele de integrare, funcţii de φ, C_1 şi C_2. Ele se determină prin condiţii la limită. In cazul particular $X = 0$, Y şi Z independente de x, rezultă relaţiile:

$$n_\varphi = -Zr$$

$$n_{x\varphi} = -\left(Y + \frac{1}{r}\frac{\partial n_\varphi}{\partial \varphi}\right) x + C_1(\varphi) \quad (2')$$

$$n_x = \frac{1}{r}\frac{d}{d\varphi}\left(Y + \frac{1}{r}\frac{\partial n_\varphi}{\partial \varphi}\right)\frac{x^2}{2} - \frac{1}{r}\frac{dC_1}{d\varphi}x + C_2(\varphi).$$

Fie componentele forţelor exterioare de forma :

$$X = \sum_{n=0}^{\infty} X_n \cos n\varphi$$

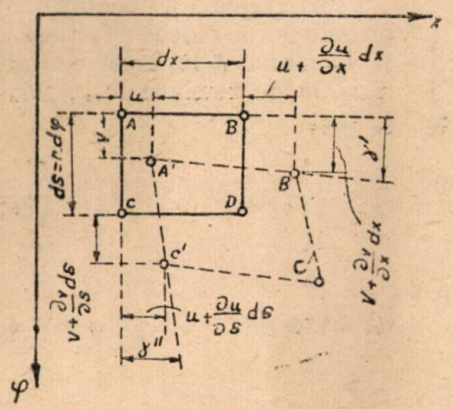
$$Y = \sum_{n=0}^{\infty} Y_n \sin n\varphi \qquad (3)$$

$$Z = \sum_{n=0}^{\infty} Z_n \cos n\varphi$$

Se consideră încărcarea parţială corespunzătoare unui n anumit :

$$X = X_n \cos n\varphi$$
$$Y = Y_n \sin n\varphi \qquad (4)$$
$$Z = Z_n \cos n\varphi.$$

Rezistenţele corespunzătoare vor fi, conform ecuaţiilor (2) şi (4)



$$n_\varphi = - Z_n r \cos n\varphi$$

$$n_{x\varphi} = - \sin n\varphi \int (Y_n + n Z_n)\, dx + C_1(\varphi) \qquad (5)$$

$$n_x = - \frac{1}{r} \cos n\varphi \int [n X_n - n \int (Y_n + n Z_n)\, dx]\, dx - \frac{1}{r} \frac{dC_1(\varphi)}{d\varphi} + C_2(\varphi).$$

In cazul particular $X_n = 0$, $Y_n = \text{const.}$; $Z_n = \text{const.}$ şi admiţînd pentru C_1 şi C_2 funcţiile trigonometrice :

$$C_1(\varphi) = A_1 \sin n\varphi\,; \; C_2(\varphi) = A_2 \cos n\varphi,$$

se obţine :

$$n_\varphi = - Z_n r \cos n\varphi$$
$$n_{x\varphi} = - [(Y_n + n Z_n)\, x - A_1] \sin n\varphi \qquad (6)$$
$$n_x = \left\{ \frac{n}{r} \left[(Y_n + n Z_n) \frac{x^2}{2} - A_1 \right] + A_2 \right\} \cos n\varphi.$$

C. Calculul deformaţiilor în cazul general

Se consideră un element de lungime dx şi de lăţime $r\, d\varphi$ (fig. 2). Punctul A al acestui element va avea deplasările u, v, w, punctul B deplasările $u + \frac{\partial u}{\partial x} dx$, $v + \frac{\partial v}{\partial x} dx$, $w + \frac{\partial w}{\partial x} dx$ iar punctul D aşezat la distanţa $ds = r\, d\varphi$ de punctul A, va avea deplasările $u + \frac{\partial u}{\partial s} ds$, $v + \frac{\partial v}{\partial s} ds$, $w + \frac{\partial w}{\partial s} ds$.

Se obţin deformaţiile specifice următoare :

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \qquad (7)$$

$$\varepsilon_\varphi = \frac{1}{r} \left(\frac{\partial v}{\partial \varphi} + w \right) \qquad (8)$$

$$\gamma_{x\varphi} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \varphi}. \qquad (9)$$

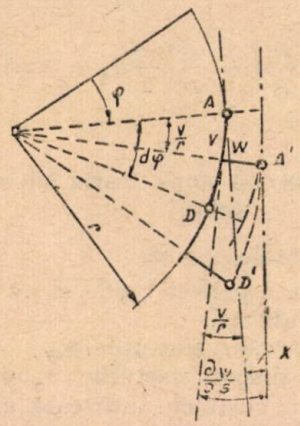


Fig. 2

Se ştie că legea lui Hooke dă relaţiile :

$$E\varepsilon_x = \sigma_x - \mu \sigma_\varphi$$
$$E\varepsilon_\varphi = \sigma_\varphi - \mu \sigma_x \qquad (10)$$
$$G\gamma_{x\varphi} = \tau_{x\varphi} = \frac{E}{2(1+\mu)} \gamma_{x\varphi}.$$

Multiplicînd rezistenţele cu grosimea δ a conductei, rezultă :

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E\delta} (n_x - \mu n_\varphi)$$

$$\varepsilon_\varphi = \frac{1}{E\delta} (n_\varphi - \mu n_x) \qquad (11)$$

$$\gamma_{x\varphi} = \frac{2(1+\mu)}{E\delta} n_{x\varphi}.$$

Introducînd valorile de mai sus în ecuaţiile (7)... (8), notînd $D = E\delta$ şi considerînd pentru beton armat $\mu = 0$ se obţin ecuaţiile :

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{n_x}{D}$$

$$\frac{\partial v}{\partial \varphi} + w = \frac{r n_\varphi}{D} \qquad (12)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \varphi} + r \frac{\partial v}{\partial x} = 2 \frac{r n_{x\varphi}}{D}.$$

În cazul particular $X_n = 0$, $Y_n = \text{const.}$ $Z_n = \text{const.}$ cunoscînd eforturile din ecuația (6) și considerînd constanta de integrare de forma $\frac{A_3}{D}\cos n\varphi$ cu A_3 constant, se deduc formulele :

$$w = \frac{1}{D}\left\{\frac{n}{r}\left[(Y_n + nZ_n)\frac{x^3}{6} - A_1\frac{x^2}{2}\right] + A_2 x + A_3\right\}\cos n\varphi$$

$$v = \left\{(Y_n + nZ_n)\left[\frac{n\,x^4}{24\,r^2\,D} - \frac{x^2}{D}\right] - A_1\left[\frac{n^2\,x^3}{6\,r^2\,D} - \frac{2x}{D}\right] + \frac{1}{rD}\left[\frac{nx^2}{2}A_2 + nxA_3 + A_4\right]\right\}\sin n\varphi \quad (13)$$

$$w = -\left\{\frac{r^2 Z_n}{D} + n(Y_n + nZ_n)\left[\frac{n^2x^4}{24\,r^2\,D} - \frac{x^2}{D}\right] - A_1\,n\left[\frac{n^2\,x^3}{6r^2\,D} - \frac{2x}{D}\right] + \frac{n}{rD}\left(\frac{nx^2}{2}A_2 + nxA_3 + A_4\right)\right\}\cos n\varphi.$$

D. Conducta cilindrică după teoria suprafețelor subțiri

Se fac următoarele ipoteze :

— Reazămele sînt perfect rigide și nu permit deplasări ale conductei.

— Reazămele preiau eforturile $n_{x\varphi}$.

La capete deci dispar eforturile n_x și $v = w = 0$. Presupunem conducta încărcată cu componentele $X = 0$, $Y = Y_n \sin n\varphi$ și $Z = Z_n \cos n\varphi$ unde Y_n și Z_n sînt constante. Pentru $n_x = 0$ și $X = 0$ rezultă din ecuația (6)

$$A_2 = 0 \qquad (14/1)$$

iar pentru $n_x = 0$ și $x = l$

$$A_1 = \frac{1}{2}(Y_n + nZ_n)l. \qquad (14/2)$$

Cunoscînd constantele A_1 și A_2 se pot calcula eforturile după ecuațiile (6)

$$n_\varphi = -rZ_n\cos n\varphi$$

$$n_{x\varphi} = (Y_n + nZ_n)\left(\frac{1}{2}l - x\right)\sin n\varphi \qquad (15)$$

$$n_x = -\frac{n}{2r}(Y_n + nZ_n)(l - x)\,x\cos n\varphi.$$

Eforturile fiind determinate fără a pune condițiile de deformare, rezemarea este static determinată. Se mai calculează A_3 și A_4 punînd condițiile ca pentru $x = 0$ și $x = l$ să avem $v = 0$. Rezultă din ecuația (13)

$$A_4 = 0$$

$$A_3 = \frac{(Y_n + nZ_n)\,nl^3}{24\,r} \qquad (16)$$

Din coeficienții determinați se află din ecuațiile (13) pentru $x = 0$

$$u_0 = \frac{A_3}{D}\cos n\varphi = \frac{(Y_n + nZ_n)\,nl^3}{24\,rD}\cos n\varphi$$

$$v_0 = 0 \qquad (17)$$

$$w_0 = -\left(r^2\frac{Z_n}{D} + \frac{nA_4}{rD}\right)\cos n\varphi = -\frac{r^2 Z_n}{D}\cos n\varphi.$$

Dacă $Z_n \neq 0$ avem $w \neq 0$. Condiția $w = 0$ pentru $x = l$ nu se poate îndeplini ; conducta are tendința de a se deplasa de pe reazăme. Aceasta nu este posibil și deci în apropierea reazămelor se strică echilibrul datorit ecuației suprafețelor subțiri. In calcul va trebui ținut seama și de efectele rezemării.

E. Condițiile de rezemare

Pentru rezolvarea condițiilor de rezemare se vor introduce în calcul pe lîngă eforturile n_x, n_φ, și $n_{\varphi x}$ momentele încovoietoare, m_x și m_φ momentele de torsiune $m_{x\varphi}$ și $m_{\varphi x}$ și forțele tăietoare q_x și q_φ

$$n_\varphi = \int_{-h}^{+h}\sigma_\varphi\,dz \qquad n_x = \int_{-h}^{+h}\sigma_x\left(1 + \frac{z}{r}\right)dz$$

$$n_{\varphi x} = \int_{-h}^{+h}\tau_{\varphi x}\,dz \qquad n_{x\varphi} = \int_{-h}^{+h}\tau_{x\varphi}\left(1 + \frac{z}{r}\right)dz.$$

$$m_\varphi = -\int_{-h}^{+h}\sigma_\varphi\,z\,dz \qquad m_x = -\int_{-h}^{+h}\sigma_x\left(1 + \frac{z}{r}\right)z\,dz \qquad (18)$$

$$m_{\varphi x} = -\int_{-h}^{+h}\tau_{\varphi x}\,z\,dz \qquad m_{x\varphi} = -\int_{-h}^{+h}\tau_{x\varphi}\left(1 + \frac{z}{r}\right)z\,dz$$

$$q_\varphi = -\int_{-h}^{+h}\tau_{\varphi x}\,dz. \qquad q_x = -\int_{-h}^{+h}\tau_{xs}\left(1 + \frac{z}{r}\right)dz.$$

unde $2h$ este grosimea conductei. Eforturile n_x și n_φ sînt pozitive cînd reprezintă tensiuni. Sensul momentelor și al forțelor tăietoare este cel indicat în fig. 3. Deși $\tau_{x\varphi} = \tau_{\varphi x}$ se constată că $n_{x\varphi} \neq n_{\varphi x}$ și $m_{x\varphi} \neq m_{\varphi x}$. Condițiile de echilibru corespund celor din ecuația (1) a teoriei suprafețelor subțiri :

Ecuațiile în direcția generatoarei, tangentei și normalei vor fi, după simplificări :

$$r\frac{\partial n_x}{\partial x} + \frac{\partial n_{\varphi x}}{\partial \varphi} + Xr = 0 \qquad (19/1)$$

$$\frac{\partial n_\varphi}{\partial \varphi} + r\frac{\partial n_{x\varphi}}{\partial x} - q_\varphi + Yr = 0 \qquad (19/2)$$

$$n_\varphi + r\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_\varphi}{\partial \varphi} + Zr = 0. \qquad (19/3)$$

În afară de acestea se mai scriu şi ecuaţiile de echilibru ale momentelor, care după simplificări dau :

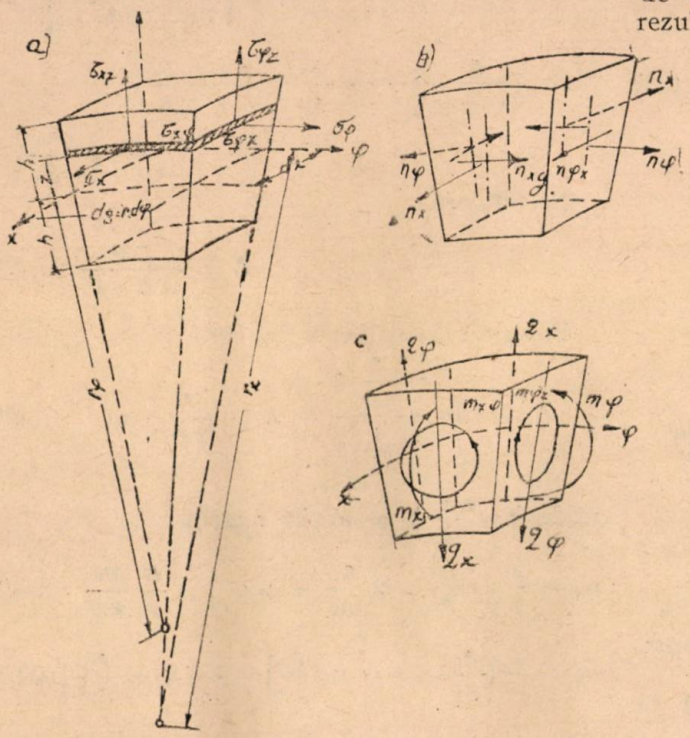


Fig. 3

$$r\frac{\partial m_{x\varphi}}{\partial x}+\frac{\partial m_{\varphi}}{\partial \varphi}-r\,q_{\varphi}=0 \qquad (19/4)$$

$$r\frac{\partial m_{z}}{\partial x}+\frac{\partial m_{\varphi x}}{\partial \varphi}-r\,q_{z}=0 \qquad (19/5)$$

$$m_{\varphi x}+r\,(n_{x\varphi}-n_{\varphi x})=0. \qquad (19/6)$$

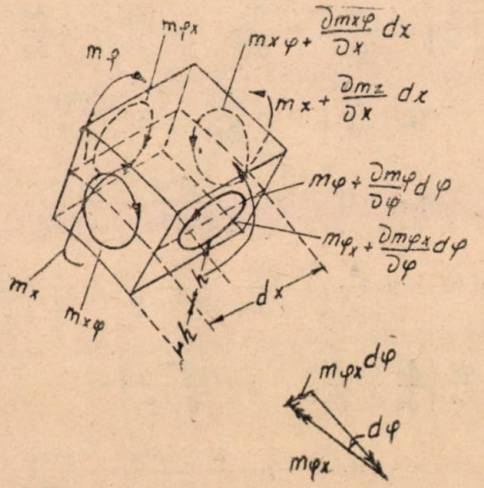


Fig. 5

Inlocuind în ecuaţia (19/6) valorile $m_{\varphi x}$, $n_{x\varphi}$ şi $n_{\varphi x}$ din ecuaţiile (18) se obţine :

$$r\int_{-h}^{+h}\left[-\tau_{\varphi x}\frac{z}{r}+\left(1+\frac{z}{r}\right)\tau_{x\varphi}-\tau_{\varphi x}\right]dz=0.$$

Deoarece $\tau_{x\varphi}=\tau_{\varphi x}$ ecuaţia (19/6) este totdeauna satisfăcută rămîne de rezolvat un sistem de cinci ecuaţii care se poate reduce la un sistem de trei ecuaţii ; din ecuaţiile (19/4) şi (19/5) rezultă :

$$r q_{\varphi}=\frac{\partial m_{\varphi}}{\partial \varphi}+r\frac{\partial m_{x\varphi}}{\partial x}$$

$$r\,q_{z}=r\frac{\partial m_{z}}{\partial x}+\frac{\partial m_{\varphi x}}{\partial \varphi}. \qquad (20)$$

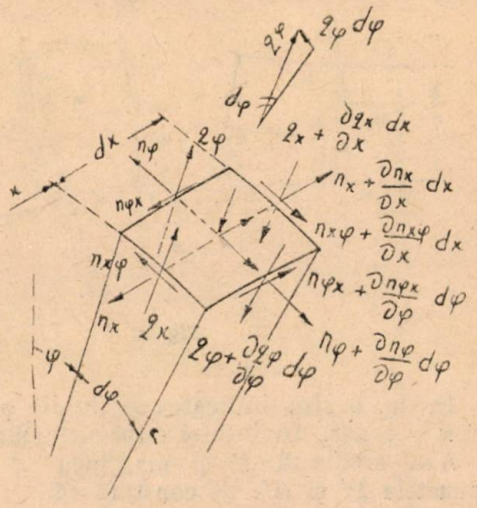


Fig. 4

Inlocuind în celelalte ecuaţii (19) rezultă :

$$r\frac{\partial n_{z}}{\partial x}+\frac{\partial n_{\varphi x}}{\partial \varphi}+Xr=0$$

$$r\frac{\partial n_{\varphi}}{\partial \varphi}+r^2\frac{\partial n_{x\varphi}}{\partial x}-\frac{\partial m_{\varphi}}{\partial \varphi}-r\frac{\partial m_{x\varphi}}{\partial x}+Y r^2=0$$

$$r\,n_{\varphi}+\frac{\partial^2 m_{\varphi}}{\partial \varphi^2}+r\frac{\partial^2 m_{x\varphi}}{\partial x\,\partial \varphi}+r^2\frac{\partial^2 m_{z}}{\partial x^2}+r\frac{\partial^2 m_{\varphi x}}{\partial x\,\partial \varphi}+ \qquad (21)$$

$$+Z r^2=0$$

F. Deformaţia conductei

Notăm deplasările unui punct de pe conductă de coordonate (x, y, z) cu u_z, v_z şi w_z şi cu u, v şi w deplasările unui punct situat pe aceeaşi normală şi pe suprafaţa mediană. Fie deformaţiile specifice ε_{xz}, $\varepsilon_{\varphi z}$ şi $\gamma_{x\varphi z}$ respectiv ε_{x}, ε_{φ} şi $\gamma_{x\varphi}$. Admiţînd $\sigma_z=0$ se obţine din legea lui Hooke :

$$\sigma_z=\frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_{xz}+\mu\,\varepsilon_{\varphi z})$$

$$\sigma_{\varphi}=\frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_{\varphi z}+\mu\,\varepsilon_{xz}) \qquad (22)$$

$$\tau_{x\varphi}=\frac{E}{2(1+\mu)}\gamma_{x\varphi z}.$$

Intre u, v şi w şi deformaţiile $\gamma_{x\varphi}$, ε_{x}, şi ε_{φ} există relaţiile (7...9). Introducînd în loc de

r expresia $r + z$ se obţin relaţiile pentru punctul aşezat la distanţa z de suprafaţa mediană :

$$\varepsilon_{xz} = \frac{\partial u_z}{\partial x}$$

$$\varepsilon_{\varphi z} = \frac{1}{r+z}\left(\frac{\partial v_z}{\partial \varphi} + w\right) \qquad (23)$$

$$\gamma_{x\varphi z} = \frac{\partial v_z}{\partial x} + \frac{1}{r+z}\frac{\partial u_z}{\partial \varphi}$$

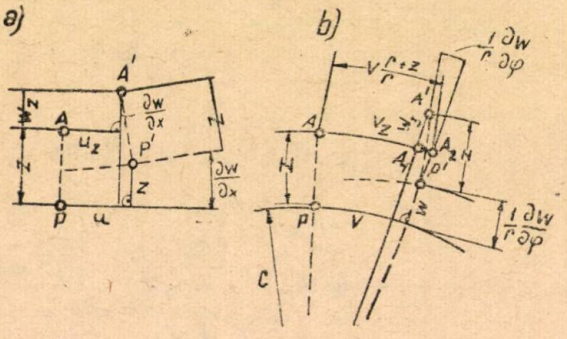


Fig. 6

In fig. 6 sînt indicate secţiunile $\varphi =$ const. şi $x =$ const. înainte şi după deformaţie.

Axa mediană P şi marginea A ajung în punctele P' şi A'. Se constată că

$$w_z = w \qquad (24/1)$$

$$u_z = u - z\frac{dw}{dx} \qquad (24/2)$$

$$v_z = A\,A_1 = A\,A_2 - A_1\,A_2 =$$

$$= v\frac{r+z}{r} - \frac{z}{r}\frac{dw}{d\varphi}\frac{r+z}{r+z+w}.$$

Deoarece w este neglijabil faţă de $r + z$

$$v_z = v\frac{r+z}{r} - \frac{z}{r}\frac{dw}{d\varphi}. \qquad (24/3)$$

Inlocuind formulele (23) se obţine

$$\varepsilon_{xz} = \frac{\partial u}{\partial x} - z\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

$$\varepsilon_{\varphi z} = \frac{1}{r}\frac{\partial v}{\partial \varphi} - \frac{z}{r(r+z)}\frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} + \frac{w}{r+z} \qquad (25)$$

$$\gamma_{x\varphi z} = \frac{1}{r+z}\frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{r+z}{r}\frac{\partial v}{\partial z} - \left(\frac{z}{r} + \frac{z}{r+z}\right)\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial \varphi}$$

Din formulele (22) făcînd înlocuirile (24) rezultă

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} - z\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) + \mu\left(\frac{1}{r}\frac{\partial v}{\partial \varphi} - \frac{z}{r(r+z)}\frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} + \frac{w}{r+z}\right)\right]$$

$$\sigma_\varphi = \frac{E}{1-\mu^2}\left[\frac{1}{r}\frac{\partial v}{\partial \varphi} - \frac{z}{r(r+z)}\frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} + \frac{w}{r+z} + \mu\left(\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}z\right)\right] \qquad (26)$$

$$\tau_{x\varphi} = \frac{E}{2(1+\mu)}\left[\frac{1}{r+z}\frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{r+z}{r}\frac{\partial v}{\partial x} - \left(\frac{z}{r} + \frac{z}{r+z}\right)\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial \varphi}\right].$$

Se notează :

$$D = \frac{E\,\delta}{1-\mu^2}, \qquad K = \frac{E\,\delta^2}{12(1-\mu^2)}. \qquad (27)$$

Folosind desvoltarea în serie

$$ln\frac{r+\frac{1}{2}\delta}{r-\frac{1}{2}\delta} = \delta + \frac{\delta^3}{12\,r^3} + \ldots \qquad (28)$$

unde $h = \frac{1}{2}\delta$, se obţin relaţiile :

$$n_x = \frac{D}{r}\left(r\frac{\partial u}{\partial x} + \mu\frac{\partial v}{\partial \varphi} + \mu w\right) - \frac{K}{r}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \qquad (29/1)$$

$$n_\varphi = \frac{D}{r}\left(\frac{\partial v}{\partial \varphi} + w + \mu r\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{K}{r^3}\left(w + \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2}\right) \qquad (29/2)$$

$$n_{x\varphi} = \frac{1}{2}(1-\mu)\frac{D}{r}\left(\frac{\partial u}{\partial \varphi} + r\frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{1}{2}(1-\mu)\frac{K}{r^2}\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial \varphi}\right) \qquad (29/3)$$

$$n_{\varphi x} = \frac{1}{2}(1-\mu)\frac{D}{r}\left(\frac{\partial u}{\partial \varphi} + r\frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{1}{2}(1-\mu)\frac{K}{r^3}\left(\frac{\partial u}{\partial \varphi} + r\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial \varphi}\right) \qquad (29/4)$$

$$m_x = \frac{K}{r^2}\left(r^2\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu\frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} - r\frac{\partial u}{\partial x} - \mu\frac{\partial v}{\partial \varphi}\right) \qquad (29/5)$$

$$m_\varphi = \frac{K}{r^2}\left(w + \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} + \mu r^2\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right) \qquad (29/6)$$

$$m_{x\varphi} = (1-\mu)\frac{K}{r}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial \varphi} - \frac{\partial v}{\partial x}\right) \qquad (29/7)$$

$$m_{\varphi x} = (1-\mu)\frac{K}{r^2}\left(r\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial \varphi} + \frac{1}{2}\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{2}r\frac{\partial v}{\partial x}\right) \qquad (29/8)$$

$$q_\varphi = \frac{K}{r^3}\left(\frac{\partial w}{\partial \varphi} + \frac{\partial^3 w}{\partial \varphi^3} + \mu r^2\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\,\partial \varphi}\right) + (1-\mu)\frac{K}{r}\left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\,\partial \varphi} - \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right) \qquad (29/9)$$

$$q_x = \frac{K}{r^2}\left(r^2\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \mu\frac{\partial^3 w}{\partial \varphi^2\,\partial x} - r\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \mu\frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial \varphi}\right) + (1-\mu)\frac{K}{r^2}\left(r\frac{\partial^3 w}{\partial x\,\partial \varphi^2} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} - \frac{1}{2}r\frac{\partial^2 v}{\partial x\,\partial \varphi}\right). \qquad (29/10)$$

Inlocuind expresiile (29) în ecuaţiile (19) se obţin cu ajutorul coeficientului

$$k = \frac{K}{Dr^2} = \frac{\delta^2}{12\,r^2} \tag{30}$$

ecuaţiile diferenţiale ale lui Flügge pentru cilindrul circular izotrop. Considerăm la fel ca mai sus $\mu = 0$ şi neglijăm diferenţialele variabilelor u şi v în factorul multiplicat cu K din ecuaţiile (29)

$$n_x = D\,\frac{\partial u}{\partial x} - Dkr\,\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \tag{31/1}$$

$$n_\varphi = \frac{D}{r}\left(w + \frac{\partial v}{\partial \varphi}\right) + \frac{D\,k}{r}\left(w + \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2}\right) \tag{31/2}$$

$$n_{x\varphi} = \frac{D}{2}\left(\frac{1}{r}\,\frac{\partial u}{\partial \varphi} + r\,\frac{\partial v}{\partial x}\right) - \frac{Dk}{2}\,\frac{\partial^2 w}{\partial \varphi\,\partial x} \tag{31/3}$$

$$n_{\varphi x} = \frac{D}{2}\left(\frac{1}{r}\,\frac{\partial u}{\partial \varphi} + r\,\frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{Dk}{2}\,\frac{\partial^2 w}{\partial \varphi\,\partial x} \tag{31/4}$$

$$m_x = K\,\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \tag{32/1}$$

$$m_\varphi = \frac{K}{r^2}\left(w + \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2}\right) \tag{32/2}$$

$$m_{x\varphi} = m_{\varphi x} = \frac{K}{r}\,\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial \varphi}. \tag{32/3}$$

Introducînd ultimele trei ecuaţii în primele trei se obţine :

$$n_x = D\,\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{r}\,m_x \tag{33/1}$$

$$n_\varphi = \frac{D}{r}\left(w + \frac{\partial v}{\partial \varphi}\right) + \frac{1}{r}\,m_\varphi \tag{33/2}$$

$$n_{x\varphi} = \frac{1}{2}D\left(\frac{1}{r}\,\frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) - \frac{1}{2r}\,m_{\varphi x} \tag{33/3}$$

$$n_{\varphi x} = \frac{1}{2}D\left(\frac{1}{r}\,\frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{1}{2r}\,m_{\varphi x}. \tag{33/4}$$

Din ecuaţia (33/2) diferenţiată de 4 ori în raport cu x se obţine :

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = -\frac{\partial^5 v}{\partial x^4\,\partial \varphi} + \frac{r}{D}\,\frac{\partial^4 n_\varphi}{\partial x^4} - \frac{1}{D}\,\frac{\partial^4 m_\varphi}{\partial x^4}. \tag{34}$$

Deoarece în conducta închisă toate mărimile trebuie să fie funcţiuni periodice de φ se va alege pentru w o funcţie de forma

$$W = w \cos m\varphi \tag{35}$$

unde $m = o$ sau un număr întreg oarecare şi w o funcţie de x care trebuie determinată. Cu această înlocuire rezultă din ecuaţiile (32)

$$\begin{aligned} m_x &= Dkr^2\,\frac{d^2 W}{dx^2}\cos m\varphi \\ m_\varphi &= Dk\,(1 - m^2)\,W \cos m\varphi \\ m_{x\varphi} &= m_{\varphi x} = -\,Dkrm\,\frac{dW}{dx}\sin m\varphi \end{aligned} \tag{36}$$

Diferenţînd ecuaţiile (33) şi înlocuind în (35) se obţine următoarea ecuaţie diferenţială :

$$r^8\,\frac{d^8 W}{dx^8} - 4\,m^2 r^6\,\frac{d^6 W}{dx^6} + r^4\,\frac{d^4 W}{d^4 x}\left(\frac{1}{k} + 6m^4 - 4\,m^2 + 1\right) + r^2\,\frac{d^2 W}{dx^2}\left(-\,4\,m^6 + 6m^4 - 2m^2\right) + m^4\,(m^2 - 1)\,W = 0 \tag{37}$$

Considerînd pe W de forma

$$W = H\,e^{\lambda\,\frac{x}{r}} \tag{38}$$

unde H = const. se obţine o ecuaţie algebrică în λ^2 de gradul 4

Soluţia rezultă de forma :

$$w = \cos m\varphi \sum_{r=1}^{8} H_r\,e^{\lambda_r\,\frac{x}{r}} \tag{39}$$

rădăcinile fiind perechi complexe conjugate sau egal opuse.

In cazul particular $m = 1$

$$w = W \cos \varphi. \tag{40}$$

Rădăcinile vor fi :

$$\begin{aligned} \lambda_5 = \lambda_6 = \lambda_7 = \lambda_8 = 0 \\ \lambda_{1\cdots 4} = \pm\, r\,(\alpha \pm \mathrm{j}\,\beta) \end{aligned} \tag{41}$$

unde, ţinînd seama de faptul că $\frac{1}{k} > 1$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{r}\sqrt{\frac{1}{2}\sqrt{3 + \frac{1}{k}} + 1} \\ \beta &= \frac{1}{r}\sqrt{\frac{1}{2}\sqrt{3 + \frac{1}{k}} - 1} \end{aligned} \tag{42}$$

Ţinînd seama de rădăcinile $\lambda_{5\ldots 8} = O$ soluţia este

$$\begin{aligned} w = C_1' e^{(\alpha + j\beta)x} + C_2' e^{(\alpha - j\beta)x} + C_3' e^{-(\alpha + j\beta)x} + \\ + C_4' e^{-(\alpha - j\beta)x} + C_5 + C_6 x + C_7 x^2 + C_8 x^3. \end{aligned} \tag{43}$$

Inlocuind funcţiunile cu exponenţi imaginar cu funcţiuni trigonometrice şi introducînd noile constante $C_1 \ldots C_4$ avem :

$$\begin{aligned} W = e^{-\alpha x}(C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + e^{\alpha x}(C_3 \cos \beta x + \\ + C_4 \sin \beta x) + C_5 + C_6 x + C_7 x^2 + C_8 x^3. \end{aligned} \tag{44}$$

Cînd perturbaţia dată de o margine este neglijabilă la marginea următoare, ceea ce este cazul la conducte subţiri cu $l > 2\,r$ se poate considera numai partea descrescătoare a ecuaţiei. Se obţine pentru marginea $x = 0$ de exemplu, ecuaţia simplificată

$$W = e^{-\alpha x}\,[C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x]. \tag{45}$$

Ecuaţiile care dau numai eforturile datorite condiţiilor de rezemare se obţin din ecuaţiile (29) făcînd toate înlocuiriile şi integrările

$$n_x = Dkr \frac{d^2W}{dx^2} \cos\varphi$$

$$n_\varphi = -Dk\left(r^3 \frac{d^4W}{dx^4} - 2r \frac{d^2W}{dx^2}\right)\cos\varphi \qquad (46)$$

$$n_{x\varphi} = Dk\left(\frac{dW}{dx} - r^2 \frac{d^3W}{dx^3}\right)\sin\varphi$$

$$n_{\varphi x} = Dk\left(-\frac{dW}{dx} - r^2 \frac{d^3W}{dx^3}\right)\sin\varphi$$

$$m_x = Dkr^2 \frac{d^2W}{dx^2} \cos\varphi$$

$$m_\varphi = 0$$

$$m_{x\varphi} = m_{\varphi x} = -Dkr \frac{dW}{dx} \sin\varphi$$

$$q_x = Dk\left(r^2 \frac{d^3W}{dx^3} - \frac{dW}{dx}\right)\cos\varphi$$

$$q_\varphi = -Dkr \frac{dW^3}{dx^3} \sin\varphi.$$

La fel se calculează componentele deplasărilor

$$u = 2kr \frac{dW}{dx} \cos\varphi$$

$$v = k\left(-2r^2 \frac{d^2W}{dx^2} + 3W\right)\sin\varphi \qquad (47)$$

$$w = W \cos\varphi.$$

G. Calculul conductei simplu rezemate la încărcarea din greutatea proprie

Fie g încărcarea unitară cu componentele :

$$X = 0$$

$$Y = g \sin\varphi \qquad (48)$$

$$Z = g \cos\varphi.$$

Din cauza simetriei se poate studia problema numai pentru marginea $x = 0$. Pentru grinda simplu rezemată condiţiile la limită sînt :

$$n_x = m_x = 0 \qquad (49)$$

$$v = w = 0 \qquad (50)$$

Conform teoriei suprapunerii efectelor vom calcula valorile din efectul de suprafaţă subţire şi din condiţiile de rezemare : adăugînd la condiţiile (49) şi (50) condiţia ca la $x = \frac{l}{2}$

$$n_{x\varphi_0} = 0 \text{ şi } u_0 = 0 \qquad (51)$$

se determină constantele

$$A_1 = gl$$

$$A_2 = 0$$

$$A_3 = \frac{1}{12}\frac{gl^3}{r}$$

$$A_4 = -\frac{3gkr^3}{3k+1} \qquad (52)$$

$$C_1 = \frac{gr^3}{D(3k+1)}$$

$$C_2 = \frac{\alpha^2 - \beta^2}{2\alpha\beta} \frac{gr^2}{D(3k+1)}$$

H. Calculul conductei la încărcare din greutatea apei din interior

Componentele forţelor exterioare sînt :

$$X = 0$$

$$Y = 0 \qquad (53)$$

$$Z = \gamma r \cos\varphi.$$

După un calcul identic cu cel anterior punînd aceleaşi condiţii la limită se determină constantele :

$$A_1 = \frac{\gamma rl}{2}$$

$$A_2 = 0$$

$$A_3 = \frac{\gamma l^3}{24} \qquad (54)$$

$$A_4 = -\frac{3\gamma kr^4}{3k+1}$$

$$C_1 = \frac{\gamma r^3}{D(3k+1)}$$

$$C_2 = \frac{\alpha^2 - \beta^2}{2\alpha\beta} \frac{\gamma r^3}{D(3k+1)}.$$

I. Calculul conductei la suprapresiunea apei din interior

Componentele forţelor exterioare vor fi :

$$X = 0$$

$$Y = 0 \qquad (55)$$

$$Z = -\gamma H.$$

Făcînd abstracţie de condiţiile de rezemare şi punînd condiţiile la limită :

$$n_{x\varphi} = 0 \quad x = 0 \qquad (56)$$

$$n_x = 0 \quad x = 0$$

pentru determinarea constantelor de integrare, se obţin din ecuaţiile (2') relaţiile.

$$n_\varphi = -\gamma r H$$

$$n_{x\varphi} = -\frac{1}{r}\frac{\partial n_\varphi}{\partial \varphi}\, x = 0 \qquad (57)$$

$$n_x = \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 n_\varphi}{\partial \varphi^2}\frac{x^2}{2} = 0.$$

Din ecuaţiile (14) punînd condiţiile la limită :

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \qquad x = \frac{l}{2} \qquad (58)$$

$$u = 0 \qquad x = \frac{l}{2}$$

se obţine pentru $x = 0$:

$$u = 0$$

$$v = 0 \qquad (59)$$

$$w = \gamma \frac{r^2}{D} H.$$

Pentru a obţine pentru $x = 0$ $w = 0$ trebuie introduse în calcule forţele la reazăm R.

Pentru marginea $x = 0$

$$m_x = 0 \qquad (60)$$

$$q_x = -R.$$

Datorită simetriei apar numai forţe n_x şi n_φ, momente m_x şi m_φ şi forţe tăietoare q_x. Condiţiile de echilibru pentru un element de înălţime dx şi lăţime $r d\varphi$ vor fi :

$$\eta_\varphi\, d\varphi dx + dq_x r d\varphi - \gamma (l - x) r d\varphi dx = 0$$

$$(q_x dx - dm_x) r d\varphi = 0 \qquad (61)$$

Inlocuind pe dq_x din ecuaţia a doua în prima ecuaţie :

$$\frac{d^2 m_x}{dx^2} + \frac{1}{r} n_\varphi = \gamma (l - x). \qquad (62)$$

Deoarece datorită simetriei $v = 0$, din ecuaţia (8) reiese

$$\varepsilon_\varphi = \frac{w}{r}. \qquad (63)$$

Pe de altă parte, cu $n_x = 0$, din ecuaţia (11) rezultă

$$\varepsilon_\varphi = \frac{n_\varphi}{E\delta} \qquad (64)$$

Deci

$$n_\varphi = E\delta \frac{w}{r} \qquad (65)$$

Avînd în vedere relaţia (32/5)

$$m_x = K \frac{d^2 w}{dx^2} \qquad (66)$$

rezultă :

$$q_x = K \frac{d^3 w}{dx^3} \qquad (67)$$

Introducînd valorile (65) . . . (67) în ecuaţia (62) şi avînd în vedere că $\delta = \text{const.}$ şi

$$K = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)} = \text{const.}$$

se obţine ecuaţia :

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 12\frac{(1-\mu^2)}{r^2\delta^2} w = \frac{12(1-\mu^2)}{E\delta}\gamma (l - x) \qquad (68)$$

Avînd în vedere că ecuaţia are soluţia particulară $w_0 = \frac{r^2}{E\delta}$ şi notînd

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{r\delta}} \sqrt[4]{3(1-\mu)} \qquad (69)$$

integrala totală va fi :

$$w = \frac{r^2}{E\delta}\gamma (l - x) + e^{\lambda x}[C_1 \cos \lambda x + C_2 \sin \lambda x] +$$

$$+ e^{-\lambda x}[C_3 \cos \lambda x + C_4 \sin \lambda x]. \qquad (70)$$

Termenii 2 şi 3 ai ecuaţiei reprezintă descrierea unei stări de eforturi datorită forţelor R ; ea dă două ondulaţii pornind fiecare de la un capăt al conductei.

Vom considera pentru marginea $x = o$ numai termenul în $e^{-\lambda x}$, oscilaţiile termenului de la capătul opus nemaiinfluenţîndu-l pe acesta Considerăm deci

$$w_R = e^{-\lambda x}(C_3 \cos \lambda x + C_4 \sin \lambda x) \qquad (71)$$

Cu condiţiile (60), ţinînd seama de relaţiile (66) şi (67), se obţine :

$$C_3 = -\frac{R}{2K\lambda^3} \qquad (72)$$

$$C_4 = 0$$

de unde :

$$w_R = -\frac{R}{2K\lambda^3} e^{-\lambda x} \cos \lambda x$$

$$n_{\varphi R} = -\frac{R}{2l\lambda^3}\frac{E\delta}{K} e^{-\lambda x} \cos \lambda x \qquad (73)$$

$$m_{xR} = -\frac{R}{\lambda} e^{-\lambda x} \sin \lambda x$$

$$q_{xR} = -Re^{-\lambda x}(\cos \lambda x - \sin \lambda x).$$

Punînd condiţia că pentru $x = 0$, $w_0 + w_R = 0$ rezultă

$$R = 2\gamma r^4 k \lambda^3 H \qquad (74)$$

J. Concluzii

In urma considerentelor de mai sus se pot stabili formulele de calcul ale conductelor autoportante subţiri. Formulele sînt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Formule de calculul ale eforturilor în conducte autoportante subţiri simplu rezemate

Cazul de încărcare			I. Greutatea proprie	II. Greutatea apei din interior	III. Suprapresiunea apei din interior	Coeficienţi de bază
Datorite ipotezei de membrană	Forţe normale	n_x	$\gamma_r\,(x-l)\cos\varphi$	$\frac{\gamma x}{2}(x-l)\cos\varphi$	0	$D=\frac{E\delta}{1-\mu^2}$
		$n_{x\varphi}$	$g\,(l-2x)\sin\varphi$	$\gamma_r\left(\frac{l}{2}-x\right)\sin\varphi$	0	$k=\frac{\delta^2}{12r^2}$
		n_φ	$-rg\cos\varphi$	$-\gamma r^2\sin\varphi$	γrH	$\alpha=\frac{1}{r}\sqrt{\frac{1}{2}\sqrt{3+\frac{1}{k}}+1}$
Datorite condiţiilor de rezemare	Forţe normale	n_x	$e^{-\alpha x}Dkr\,[(\alpha^2-\beta^2)\,C_2+2\alpha\beta C_1]\sin\beta x\cos\varphi$		0	$\beta=\frac{1}{r}\sqrt{\frac{1}{2}\sqrt{3+\frac{1}{k}}-1}$
		$n_{x\varphi}$	$e^{-\alpha x}Dh\{-\alpha[1+r^2(\alpha^2-3\beta^2)](C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x)+$ $+\beta[1+r^2(3\alpha^2-\beta^2)](-C_1\sin\beta+C_2\cos\beta)\}\sin\varphi$		0	$\lambda=\frac{1}{\sqrt{r\delta}}\sqrt[4]{3(1-\mu)}$
		n_φ	$e^{-\alpha x}Dk\{[r^3(\alpha^4-6\alpha^2\beta^2+\beta^4)-2r(\alpha^2-\beta^2)](C_1\cos\beta x+$ $+C_1\sin\beta x)+[4r^3\alpha\beta(\alpha^2-\beta^2)+4r\alpha\beta](C_1\sin\beta x-$ $-C_2\cos\beta x)\}\cos\varphi$		$\gamma rHe^{-\lambda x}\cos\lambda x$	
	Momente încovoietoare	m_x	$e^{-\alpha x}Dkr^2[(\alpha^2-\beta^2)(C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x)+$ $+2\alpha\beta)(C_1\sin\beta x-C_2\cos\beta x)]\cos\varphi$		$-2\gamma r^4k\lambda^2He^{-\lambda x}\sin\lambda x$	Pentru încărcare din greutate proprie
		$m_{x\varphi}$	$e^{-\alpha x}Dkr\,[\alpha(C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x)+\beta(C_1\sin\beta x-$ $-C_2\cos\beta x)]\sin\varphi$		0	$C_1=\frac{gr^2}{D(3k+1)}$
		m_φ	0	0	0	Pentru încărcare din greutatea apei din interior
	Forţe tăietoare	q_x	$e^{-\alpha x}Dk\{-[r^2\alpha-3\beta^2)+\alpha](C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x)+$ $+[r^2\beta(3\alpha^2-\beta)+\beta](C_2\cos\beta x-C_1\sin\beta)\cos\varphi$		$-2\gamma r^4k\lambda^3He^{-\lambda x}$ $(\cos\lambda x-\sin\lambda x)$	$C_1=\frac{\gamma r^2}{D(3k+1)}$
		q_φ	$-e^{-\alpha x}Dkr\,[(\alpha^2-\beta^2)(C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x)+$ $+2\alpha\beta(C_1\sin\beta x-C_2\cos\beta x)]\sin\varphi$		0	$C_2=\frac{\alpha^2-\beta^2}{2\alpha\beta}C_1$

In general se poate face calculul numai în ipoteza de suprafaţă subţire, eforturile datorite condiţiilor de rezemare fiind sensibile numai la margini.

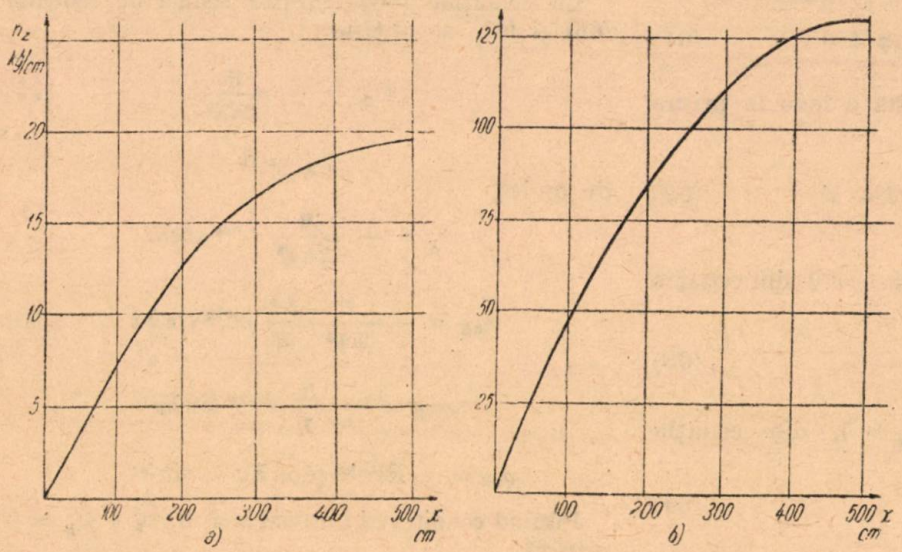


Fig. 7. Variaţiile funcţie de x ale eforturilor n_x şi $n\varphi$ pe generatoarea $\varphi=\pi$ datorite ipotezei de membrană pentru diferite ipoteze de încărcare [1]:
a – eforturile n_x datorite greutăţii proprii:
b – eforturile n_x datorite greutăţii apei din interior.

[1] Restul eforturilor nu a mai fost diagramat fiind constant şi anume:
– eforturile n_x datorite presiunii apei din interior $n_x = 0$
– eforturile n_φ datorite greutăţii proprii $n_\varphi = 0{,}78$ kg/cm
– eforturile n_φ datorite greutăţii apei din interior $n_\varphi = 10$ kg/cm
– eforturile datorite presiunii apei din interior $n_\varphi = 1000$ kg/cm

★

Formulele deduse mai sus nu epuizează problema. Urmînd acelaşi mod de calcul se pot deduce formule pentru cazul conductelor incastrate la capete, sau pentru cazul mai des întîlnit în practică al apeductelor continue pe mai multe reazăme, precum şi pentru diferite alte cazuri de încărcare.

K. Calculul formulelor prin metodele rezistenţei materialelor

Se consideră o grindă simplu rezemată la capete cu secţiunea o coroană circulară de grosime δ. Pentru calculul rezistenţelor se va considera formula uzuală: $\sigma_x=\pm\frac{Mh}{I}$ (75)

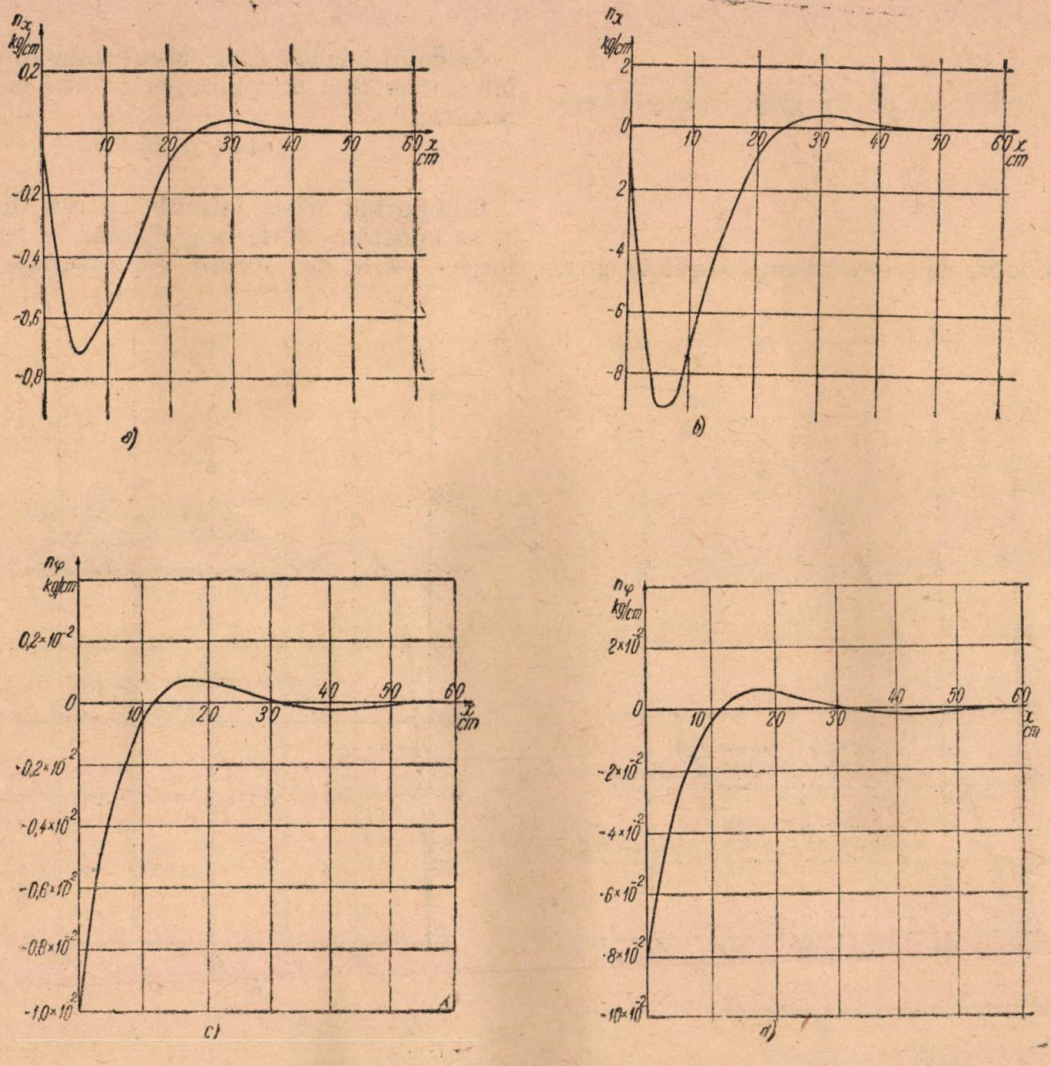


Fig. 8. Variaţiile funcţie de x ale eforturilor n_x şi n_φ pe generatoarea $\varphi = \pi$ datorite condiţiilor de rezemare pentru diferite ipoteze de încărcare [1]);

a – eforturile n_x datorite greutăţii proprii; *b* – eforturile n_x datorite greutăţii apei din interior; *c* – eforturile n_φ datorite greutăţii proprii; *d* – eforturile n_φ datorite greutăţii apei din interior; *e* – eforturile n_φ datorite presiunii apei din interior.

[1]) Eforturile n_x datorite presiunii apei din interior nu au fost diagramate avînd valoarea constantă $n_x = 0$.

sau :

$$n_x = \sigma_x \delta = \pm \frac{Mh\delta}{I} \qquad (76)$$

unde : $h = r \cos \varphi$.

Avînd în vedere că pentru grinda simplu rezemată :

$$M = \frac{px\,(x - l)}{2} \qquad (77)$$

şi că momentul de inerţie al unei coroane circulare cu δ mic faţă de r (condiţia de suprafaţă subţire) este

$$I = \frac{\pi[(r+\delta)^4 - r^4]}{4} \cong r^3\delta \qquad (78)$$

rezultă :

$$n_x = \frac{p}{2\pi r^2}\, x\,(x - l)\cos\varphi \qquad (79)$$

Pentru încărcare din greutatea proprie

$$p = 2\pi r g \qquad (80)$$

de unde :

$$n_x = \frac{g}{r}\, x\,(x - l)\cos\varphi \qquad (81)$$

Pentru încărcare din greutatea apei din interior

$$p = \pi r^2 \gamma \qquad 82)$$

de unde :

$$n_x = \frac{\gamma}{2}\, x\,(x - l)\cos\varphi. \qquad (83)$$

Calculul conductei la suprapresiunea apei din interior se face prin formula cazanelor de unde rezultă :

$$n_\varphi = \gamma r H. \qquad (84)$$

Comparînd aceste formule cu cele din tabela 1, se constată că ele nu diferă. In plus apar însă o serie de eforturi suplimentare, pentru

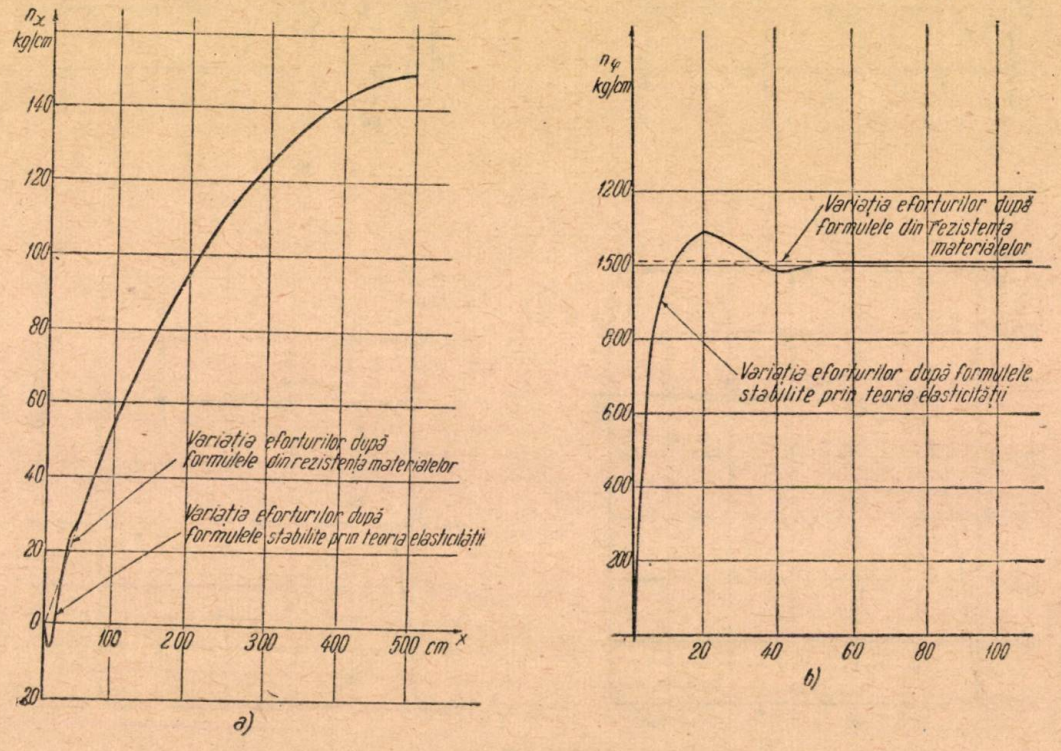


Fig. 9. Variaţiile totale ale eforturilor n_x şi n_φ funcţie de x pt. generatoarea $\varphi = \pi$
a — eforturi pe direcţia generatoarei ; b — eforturi pe direcţia tangentei.

calculul cărora sînt necesare metodele teoriei elasticităţii.

L. Exemplu de calcul

Se consideră o conductă metalică cu următoarele date :

$\delta = 1$ cm ; $l = 1\,000$ cm ; $n = 100$ cm ;

$H = 10\,000$ cm ; $E = 2\,100\,000$ kg/cm^2.

$\gamma_{fier} = 7{,}8 \cdot 10^{-3}$ kg/cm^3 ; $g = 7{,}8 \cdot 10^{-3}$ kg/cm ;

$\gamma = 10^{-3}$ kg/cm^3.

Cu aceste date au fost calculaţi coeficienţii de bază :

$k = 8{,}34 \cdot 10^{-6}$; $\alpha = 0{,}132$ cm^{-1} ;

$\beta = 0{,}131$ cm^{-1} ;

$D = 2{,}1 \cdot 10^6$ kg/cm ; $\gamma = 0{,}1315$ cm^{-1}.

In fig. 7, 8 şi 9 au fost trasate variaţiile eforturilor n_x şi n_φ pentru $\varphi = 180°$ adică în partea inferioară a conductei, funcţie de x. La $\varphi = 0$ eforturile vor fi egale ca valoare însă opuse ca semn pentru primele două cazuri de încărcare şi egale atît ca valoare cît şi ca semn pentru cazul al treilea. Deoarece $n_{x\varphi} = 0$, aceste eforturi reprezintă eforturile principale.

Din diagrama din fig. 9 rezultă că $n_{x_{max}} = 149$ kg/cm şi $n_{\varphi_{max}} = 1\,070$ kg/cm, de unde $\sigma_{x_{max}} = 149$ kg/cm^2 şi $\sigma_{\varphi_{max}} = 1\,070$ kg/cm^2.

Se constată că $\sigma_{\varphi_{max}}$ este cu 7% mai mare decel calculat prin rezistenţa materialelor.

In general formulele stabilite prin ipoteza de membrană, care coincid cu cele stabilite prin rezistenţă, sînt mari faţă de cele datorite condiţiilor de rezemare care devin neglijabile. In apropierea reazămelor însă ele devin de un ordin de mărime comparabil cu cele datorite ipotezei de suprafaţă subţire. In exemplul de calcul de mai sus s-a văzut că aceasta poate influenţa în mod sensibil eforturile maxime în conductă.

Bibliografie

[1] *Filonenco Borodici M. M.*: s. a.: Curs de rezistenţa materialelor Vol. 2 — Editura Tehnică 1952

[2] *Filonenco Borodici*: *M. M.*: Teoria Elasticităţii — Editura Tehnică 1952.

[3] *Beliaev H. M.*: Soprotivlenie materialov: Gostehizdat, Moscova 1953.

[4] *Galerkin B. G.*: Sobranie socinenii — Vol. 2 — Izdatelstvo Academii Nauk S.S.S.R. Moscova 1953.

[5] *Leibenzon L. S.*: Sobranie Trudov Vol. 1. Teoriia uprugosti, Izdatelstvo Academii Nauk S.S.S.R. Moscova 1951.

[6] *Segal B. I.* şi *Semendiaem K. A.*: Piatiznacinîe matematiceskie tabliţi — Izdatelstvo Academii Nauk S.S.S.R. Moscova — Leningrad 1950.

★

СООБРАЖЕНИЯ О РАСЧЕТЕ УСИЛИЙ В ТОНКИХ САМОНЕСУЩИХ ТРУБОПРОВОДАХ, ПРОСТО ОПЕРТЫХ НА КОНЦАХ

Резюме

Учитывая условия эластичного деформирования и условия опирания, указывается новый метод расчета самонесущих трубопроводов. Устанавливаются расчетные формулы для случаев нагрузки собственным весом, весом воды и сверхнапором воды.

BALANSAREA ROTOARELOR DE TURBINE ŞI DE GENERATORI PE SUPORŢI ELASTICI

Ing. C. DINULESCU

Metoda de balansare pe suporţi elastici este destul de bine cunoscută şi aplicată de majoritatea specialiştilor noştri în această materie.

În prezenta notă nu ne vom ocupa deci de descrierea acestei metode şi nici de aplicarea ei practică, ci ne vom mărgini să semnalăm unul din fenomenele care poate să apară în cursul operaţiilor de balansare şi care, dacă nu este luat în consideraţie, pune în încurcătură pe operator şi lungeşte foarte mult durata balansării.

Deseori practicienii acestei metode se găsesc în următoarea situaţie: după întreruperea lucrului în timpul nopţii sau uneori chiar numai în timpul prînzului, la reluarea balansării găsesc o stare mai proastă, decît aceea pe care au lăsat-o la întreruperea lucrului, deşi între timp n-a avut loc nici-o intervenţie; lucrurile se petrec ca şi cum la fiecare întrerupere a operaţiei de echilibrare, rotorul respectiv s-ar debalansa singur.

Fenomenul care apare în anumite împrejurări şi dă astfel de efecte perturbatoare este deformarea termică a rotorului respectiv. Diferenţe neînsemnate de temperatură în starea termică a rotorului poate avea efecte supărătoare apreciabile, după cum se va vedea din exemplele şi calculele de mai jos.

Cum se poate produce deformarea

În mare majoritate a cazurilor bancul de balansare se aşază în sala maşinilor unde domneşte în permanenţă un curent de aer provocat de depresiunea din sala cazanelor. Dacă bancul se aşază pe platforma de introducere a maşinilor sau lîngă o fereastră sau o uşă, curentul de aer este intensificat.

Uneori în poziţia aşezată, rotorul poate fi încălzit prin radiaţie de la soare pe una din părţi la anumite ore din zi sau de la o altă sursă interioară de căldură. Dacă curentul de aer sau fluxul termic loveşte rotorul nu frontal ci longitudinal, deformarea este inevitabilă şi evident importanţa ei depinde de intensitatea cauzei care provoacă disimetria termică a rotorului.

Înainte de a arăta cum se poate calcula deformaţia şi influenţa ei perturbatoare vom cita două cazuri din practică, din care unul petrecut foarte recent.

Cazul 1. Pentru balansarea unui rotor de turbină, s-a aşezat bancul lîngă o fereastră; la anumite ore din zi razele soarelui încălzeau tamburul pe partea expusă către fereastră. Radiaţia fiind puternică, orice oprire a rotorului la orele respective era însoţită de o dezechilibrare serioasă, şi numai după cercetări îndelungate a putut fi descoperită adevărata cauză perturbatoare.

Cazul 2. Pentru balansarea rotorului unui generator dintr-o mare centrală termoelectrică în construcţie, s-a aezat bancul de echilibrare transversal în sala maşinilor şi către extremitatea în curs de montaj. Temperatura exterioară fiind scăzută şi sala maşinilor imperfect închisă, curentul de aer rece ce lovea longitudinal rotorul era sensibil deşi se montase un mic paravan de protecţie.

Pentru încălzirea uleiului de ungere şi a echipei de oameni necesari operaţiei de balansare s-a mai făcut un foc de gaze la distanţa de circa 4 m care prin radiaţie încălzea rotorul pe partea exact opusă curentului de aer. Erau deci create condiţiile unei încălziri complet disimetrice, ceea ce a întîrziat mult desăvîrşirea echilibrării.

Calculul deformării şi a consecinţelor ei

Pentru ilustrare se va considera un rotor de generator, care poate fi asemănat cu un cilindru perfect iar pentru simplificarea calculului se va lua în consideraţie numai rotorul propriu zis neglijînd fusurile a căror influenţă este dealtfel neinsemnată.

În mod practic consecinţa deformării este apariţia unei săgeţi (alta decît aceea provenită din greutatea proprie) care face ca centrul de greutate să fie scos din axul geometric de rotire.

Diferenţa de temperatură Δt între două generatrice opuse ale unui cilindru de oţel de lungime lm conduce la o diferenţă de lungime între cele două generatrice de:

$$a = \alpha \cdot l \cdot \Delta t = 1{,}2 \times 10^{-5} \cdot l \cdot \Delta tm.$$

Consecinţa acestei diferenţe de lungime va fi îndoirea cilindrului după un arc de cerc cu raza R, care se poate calcula din relaţia bazată pe triunghiuri asemenea din figura 1.

$$\frac{a}{2 \cdot d} = \frac{l}{2R} \quad \text{şi deci:} \quad R = \frac{d \cdot l}{a}.$$

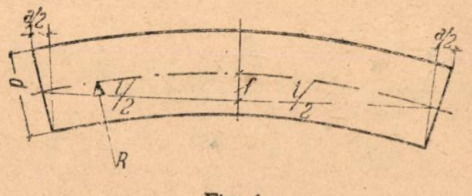


Fig. 1.

Folosind aceleaşi notaţii săgeata f se poate calcula din relaţia cunoscută :

$$(R - f)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2 = R^2$$

sau neglijînd pe f^2 care este foarte mic în raport cu ceilalţi termeni.

$$2 \cdot f \cdot R = \left(\frac{l}{2}\right)^2 \quad \text{respectiv} \quad f = \frac{l^2}{8R}.$$

Înlocuind pe R cu valoarea găsită în relaţia precedentă se obţine în sfîrşit valoarea săgeţii dependentă de elementele geometrice ale rotorului şi de diferenţa de temperatură

$$f = \frac{l}{8} \cdot \frac{a}{d} = \frac{l^2}{8 \cdot d} \cdot \Delta t \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5}$$

Aplicaţie numerică : $l = 5$ m

$d = 750$ mm

$\Delta t = 1°C$

$$f = 1{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{5^2}{8 \cdot 0{,}75} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 0{,}05 \text{ mm}.$$

Această valoare pare neînsemnată. Dacă se are însă în vedere că întreaga greutate a rotorului iese din axul de învîrtire cu această săgeată atunci se poate vedea că influenţa poate fi totuşi apreciabilă. Pentru a face mai evidentă această influenţă, nu vom calcula forţa centrifugă ce apare în această situaţie ci vom stabili greutatea care aşezată în canalul greutăţilor de echilibrare (deci la aceaşi distanţă ca acestea) ar avea acelaş efect de debalansare ca şi greutatea rotorului acţionînd la o rază egală cu săgeata.

Însemnînd cu :

f — săgeata

γ — raza cercului greutăţilor de echilibrare

G — greutatea rotorului.

x — greutatea echivalentă din punct de vedere al debalansării şi folosind formula forţei centrifuge se găseşte :

$$x = G \cdot \frac{f}{\gamma}.$$

Continuînd aplicaţia numerică de mai sus şi cu

$\gamma = 0{,}3$ m

$G = 15\,000$ kg

se găseşte :

$$x = 15\,000 \cdot \frac{0{,}00005}{0{,}3} = 2{,}5 \text{ kg}.$$

Greutăţile de balansare folosite în ultimele faze de echilibrare fiind de ordinul sutelor de grame (la rotoare mari), se vede din acest exemplu că şi numai diferenţe de temperatură de ordinul 0,1°C pot avea efecte perturbatoare asupra desăvîrşirii operaţiei de balansare.

Concluzii practice

Pentru a evita efectul perturbator cercetat mai sus trebuie respectate următoarele măsuri :

a) Bancul de echilibrare se va aşeza într-un loc cît mai ferit de curenţi de aer sau de radiaţie termică. Dacă acest lucru nu este posibil, se va acoperi rotorul cu prelate aşezate peste capre ce încalecă rotorul.

b) Dacă influenţele termice nu pot fi total evitate atunci înainte de fiecare măsurare, se va învîrti rotorul un minim de timp, pentru uniformizarea temperaturii, sau cel puţin pentru atenuarea diferenţei de temperatură existentă.

c) Odată începută operaţia de balansare, încercările se vor succeda într-un ritm susţinut deci cu minimum de timp de oprire. Din acest punct de vedere, procedeul care se bizuie exclusiv pe valoarea amplitudinii (deci fără cercetarea „semnelor") este avantajos.

BLOCAJUL MECANIC AL SEPARATOARELOR

Ing. L. WEISMAN

În instalaţiile electrice de înaltă tensiune, pot avea loc numeroase avarii, în urma acţionării sub sarcină a separatoarelor, de către personalul de exploatare, dacă nu se iau măsuri speciale. Literatura de specialitate sovietică arată că pînă la introducerea blocajelor, numărul acestor avarii atingea 20—25% din totalul avariilor survenite.

Aceste avarii pot fi însă complet înlăturate prin introducerea unuia din numeroasele sisteme de blocaj elaborate în ultimii ani. Recentele prescripţii de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice întocmite de M.E.E.I.E. prevăd de altfel folosirea blocajului separatoarelor la toate instalaţiile de înaltă tensiune. Art. 802 prevede „Pentru evitarea manevrelor greşite, toate separatoarele trebuie să fie prevăzute cu un sistem de blocaj, care să nu permită acţionarea separatorului atunci cînd întrerupătorul respectiv este în circuit" . . .

În momentul de faţă această cerinţă este respectată numai în staţiile importante, nou construite, la care se foloseşte şi sistemul de blocaj electromagnetic. Aceasta implică blocarea manetelor de acţionare ale separatoarelor prin lacăte electromagnetice. Aceste lacăte constă dintr-o armătură mobilă care întră într-un orificiu practicat în maneta de acţionare şi dintr-o priză de curent. Separatorul poate fi manevrat numai dacă în prealabil el a fost deblocat. În acest scop se foloseşte un electromagnet, prevăzut cu o fişă, excitat numai prin prizele de curent de la lacătele de blocaj. Dacă bobina electromagnetului este pusă sub tensiune,

atrage armătura mobilă în afară şi deblochează maneta respectivă.

Printr-un joc de contacte auxiliare ale separatoarelor şi întrerupătoarelor din staţie se obţine cu uşurinţă alimentarea în curent continuu numai a acelor prize de la manetă, a căror acţiune este prinsă prin configuraţia dată a schemei de înaltă tensiune.

După cum se vede, sistemul de blocaj electromagnetic este simplu ca principiu şi exploatare. Realizarea lui conduce însă la investiţii apre-

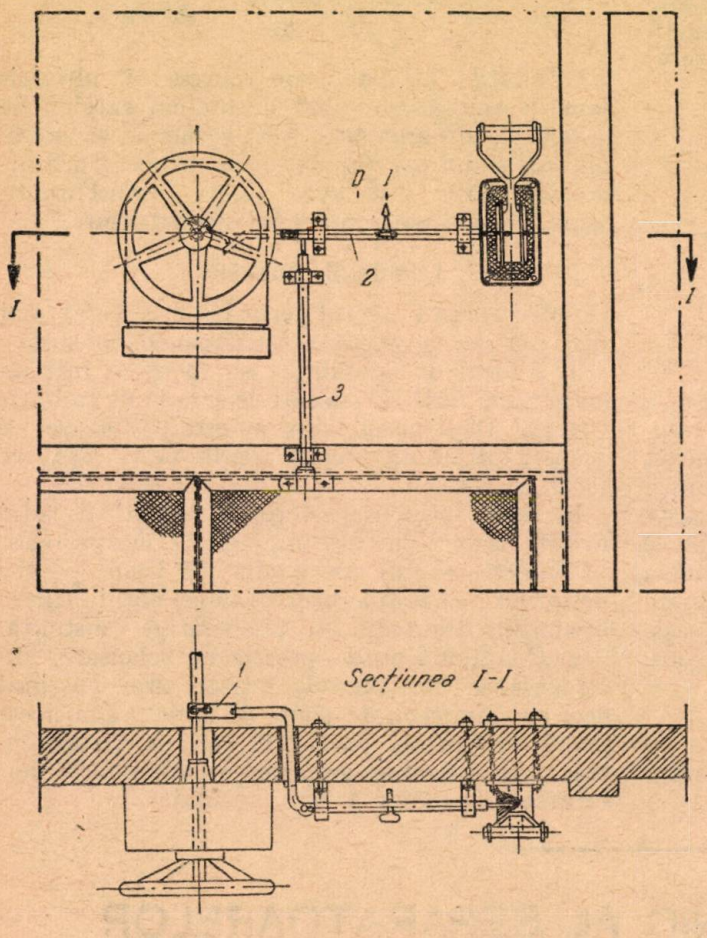


Fig. 1. Blocajul mecanic al separatoarelor: *1* — camă; *2* şi *3* — tije de blocaj.

ciabile, la utilizarea de materiale deficitare, cum ar fi cablul de semnalizare şi necesită totodată existenţa unei surse de curent continuu în staţie.

Din aceste motive, pentru staţiile cu sistem simplu de bare, punctele de alimentare şi posturile de transformare, blocajul electromagnetic nu reprezintă o soluţie destul de bună mai ales dacă se ţine seama că tocmai aceste celule sînt cele mai numeroase în sistemele energetice.

În toate aceste cazuri singura soluţie raţională este blocajul mecanic al separatoarelor. Pe baza experienţei de exploatare, Direcţia tehnică a Ministerului Centralelor Electrice din U.R.S.S. a stabilit ca în staţiile cu sistem simplu de bare să se folosească numai blocajul mecanic al separatoarelor.

Vom indica în cele ce urmează cîteva tipuri de blocare utilizate pe scară mare în Uniunea Sovietică. Prin introducerea lor în instalaţiile de înaltă tensiune de la noi s-ar ridica în mod sensibil calitatea exploatării.

Blocaje mecanice de poziţie

Sub această denumire pot fi reunite toate blocajele pentru a căror realizare este necesară o anumită dispoziţie relativă a manetei separatorului şi a dispozitivului de acţionare a întrerupătorului sau care cel puţin limitează distanţa admisibilă între aceste două.

În fig. 1 este reprezentat un blocaj de poziţie care se poate întrebuinţa la întrerupătoarele acţionate normal.

Pe axul întrerupătorului se montează o camă *1*, iar pe peretele celulei o tijă *2*, care se poate deplasa în lungul axei sale. Capătul tijei *2* trece prin pereţii celulei şi prin pîrghia manetei de acţionare a separatorului, atunci cînd aceasta este în poziţia închis. Celălalt capăt al manetei este astfel dispus faţă de cama *1*, încît permite anclanşarea întrerupătorului numai dacă tija *2* este împinsă complet în maneta separatorului, adică dacă acesta este închis. In acest mod, maneta separatorului, este blocată în tot timpul cît întrerupătorul este anclanşat, iar punerea lui în circuit se poate face numai dacă în prealabil s-a închis separatorul.

Se poate renunţa la ultima condiţie dacă aceasta crează greutăţi la efectuarea reviziilor şi reglajului întrerupătorului. Printr-o modificare corespunzătoare a camei, acţionarea întrerupătorului poate avea loc chiar dacă separatorul este deschis, însă prin faptul că maneta acestuia rămîne blocată, se exclude închiderea cu separatorul a unui curent de sarcină.

Pe fig. 1 este reprezentat un blocaj suplimentar de securitate care împiedică deschiderea plasei inferioare de protecţie a celulei cînd întrerupătorul este anclanşat.

În mod normal, plasa este încuiată prin tija *3* care se poate ridica, trecînd printr-un orificiu practicat în tija *1*, numai dacă întrerupătorul este declanşat şi tija este împinsă pînă la capăt în separator.

Sistemul de blocaj descris poate fi aplicat cu succes la cabinele metalice de „tip petrol" şi la unele celule de staţii interioare.

Un alt blocaj de poziţie este indicat în fig. 2. El se poate aplica numai acolo unde dispozitivul de acţionare a intrerupătorului de tip DMAI (PRBA) este montat sub maneta separatorului.

Se sudează tija curbă *1* pe maneta separatorului, iar placa *2* pe maneta întrerupătorului. În acest mod, maneta separatorului poate fi rotită în jos, pentru a-l deschide, numai dacă

în prealabil întrerupătorul a fost declanşat. Se exclude deci posibilitatea deschiderii sub sarcină a separatorului. Închiderea lui sub sarcină este

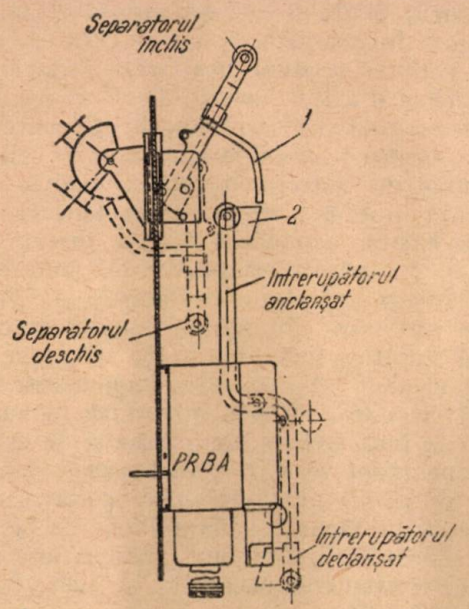


Fig. 2.

de asemenea exlusă, întrucît în poziţia deschis maneta separatorului este acoperită de cea a întrerupătorului, dacă acesta este anclanşat.

Blocajele de poziţie de acest gen se realizează foarte simplu, însă ele pot fi utilizate numai în interior şi de obicei numai la unul dintre separatoarele celulei, fie cel de bare, fie cel de plecare în linie.

Blocaje mecanice universale

În această categorie intră blocajele mecanice care nu sînt condiţionate de locul de instalare sau de tipul manetelor separatoarelor şi al dispozitivelor de acţionare a întrerupătoarelor. În modul cel mai simplu blocajul se poate realiza prin lacăte cu cheie.

La fiecare manetă de separator se montează cîte un lacăt de blocaj în aşa fel, încît separatorul să acţioneze numai dacă lacătul este descuiat cu ajutorul unei chei. Toate lacătele dintr-o celulă sînt deservite de o singură cheie cu un anumit profil. Cheia se păstrează în mod normal într-un lacăt montat la întrerupătorul respectiv. Întrerupătorul nu poate fi anclanşat dacă cheia nu este introdusă în lacăt iar pentru extragerea ei din lacăt trebuie declanşat întrerupătorul.

Este evident că toate aceste condiţii fac ca separatoarele să nu poată fi niciodată acţionate greşit.

Pe baza acestui principiu, în atelierele Energotrustului 1 s-a realizat şi experimentat un tip universal de lacăt de blocaj al cărui mod de funcţionare este descris mai jos.

Lacătul este reprezentat în fig. 3. El este de o construcţie deosebit de simplă şi compactă (60 × 30 × 10 mm) şi constă dintr-o cutie *1*, un ivăr mobil *2* şi un resort *3*. În mod normal ivărul este împins în afară de către resort, adică lacătul are tendinţa să se încuie singur. Dacă după ce se descuie lacătul cu cheia, ieşirea ivărului în afară este împiedicată de ceva, cheia nu mai poate fi scoasă deoarece este oprită de ieşitura *a* a ivărului.

Sistemul de blocaj cu lacăt s-a experimentat la o manetă de separator de tip exterior şi la un întrerupător în ulei de 6 kV Thomson-Houston. S-au studiat diferite moduri de instalare şi funcţionare a lacătului, ajungîndu-se la concluzii practic valabile pentru toate tipurile de aparataj folosite.

În fig. 4 se arată modul de instalare a lacătului la maneta de acţionare a separatorului. În poziţia încuiat, ivărul intră într-unul din cele două orificii care s-au practicat în ţeava de acţionare. În poziţii intermediare, ivărul este împins în lacăt, adică cheia poate fi extrasă numai dacă manevra cu separatorul s-a executat complet.

La întrerupător s-au studiat trei moduri de instalarea lacătului, corespunzînd tipurilor celor mai des întîlnite în practică. În toate cazurile, lacătul s-a fixat cu o construcţie metalică specială *1*. Montarea în celule se execută mult mai uşor, pe perete sau pe suportul metalic al întrerupătorului.

Varianta de instalare din fig. 5 este aplicabilă la întrerupătoarele cu cupru redus de aclanşare, în special la cele acţionate manual (de exemplu 10 — 6).

Pe axul întrerupătorului s-a adoptat segmentul de cerc *4*.

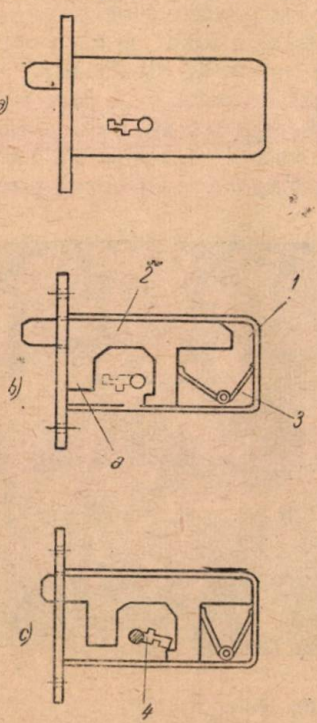


Fig. 3.

a — vederea lacătului; *b* — lacătul în poziţia „încuiat"; *c* — lacătul în poziţia „descuiat"; *1* — cutie; *2* — ivăr; *3* — resort; *4* — cheie.

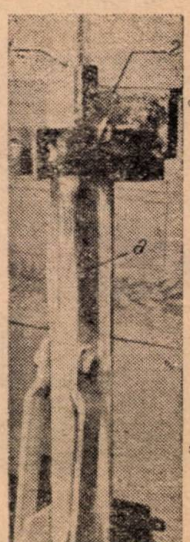


Fig. 4.

1 — tija de activare; *2* — lacăt de blocaj; *a* — orificiu în tijă.

În poziţia declanşat a întrerupătorului, ivărul *2* al lacătului de blocaj *3* intră sub capătul segmentului, impiedicînd acţionarea. Întreru-

pătorul poate fi aclanşat numai dacă se descuie lacătul, iar cheia nu se mai extrage din lacăt decît dacă întrerupătorul este declanşat.

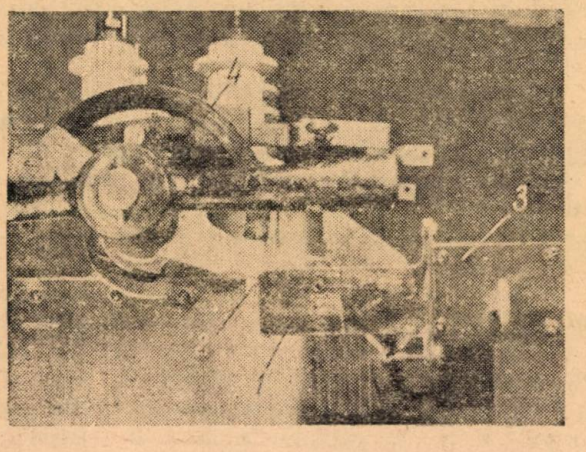


Fig. 5.

1 – construcţie metalică pentru fixarea lacătului; *2* – ivărul lacătului; *3* – lacăt de blocaj; *4* – segment sudat pe axul întrerupătorului.

În fig. 6 este redat un alt mod de instalare, aplicabil la toate întrerupătoarele al căror dispozitiv de acţionare posedă un buton mecanic de declanşare (ca de exemplu tipurile FS, PS-10, PRBA etc.) De obicei aceste întrerupătoare nu pot fi anclanşate, dacă simultan se comandă declanşarea prin butonul local. Această particularitate se poate folosi pentru blocaj.

Deoarece întrerupătorul utilizat pentru experimentare nu are un buton de declanşare, s-a folosit o tijă *4*, ghidată de bara *5* şi care trasă în jos apasă cadrul *6* (acţionat în mod normal de releele directe), provocînd declanşarea. Lacătul de blocaj a fost acelaşi ca şi în cazul precedent, deplasat însă din poziţia iniţială pentru ca ivărul să nu mai poată atinge segmentul sudat pe ax.

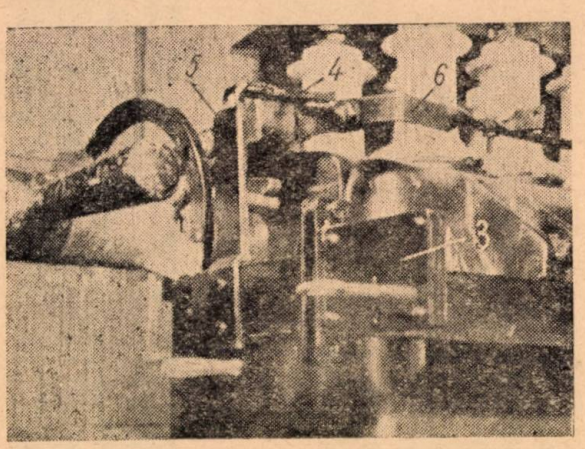


Fig. 6.

1, *2*, *3* – ca în fig. 5; *4* – tijă de declanşare; *5* – ghidaj; *6* – cadru de declanşare pentru releele directe.

În tija *4* (butonul de declanşare) s-a practicat o scobitură în care intră ivărul lacătului atunci cînd tija este trasă în jos, (butonul apăsat), adică atunci cînd se comandă declanşarea. În acest mod cheia poate fi extrasă numai dacă se declanşează întrerupătorul, iar pentru anclanşare cheia trebuie readusă neapărat în lacăt.

Există şi o a treia soluţie de instalare, aplicabilă întrerupătoarelor cărora li se poate ataşa uşor un organ de deslanşare, cum ar fi : clichetul, care menţine întrerupătorul în poziţia închis armătura mobilă a bobinei de declanşare, cadrul asupra căruia acţionează releele directe etc.

La intrerupătorul respectiv cel mai uşor se poate folosi cadrul de declanşare *6*. Păstrînd piesele auxiliare din fig. 6, lacătul trebuie în aşa fel montat, încît ivărul lui să apese direct tija *4* şi deci să comande declanşarea în tot timpul cît cheia nu este introdusă în lacăt. În acest caz însă trebuie luate măsuri de evitare a rotirii neaşteptate a cheii în broască, fapt care poate duce la declanşări intempestive.

Încercările făcute cu acest lacăt de blocaj, în toate modurile descrise mai sus, au arătat soliditatea construcţiei lacătului şi justeţea principiului folosit.

În staţiile electrice în care el se aplică, trebuie să existe şi un rînd de chei de rezervă, păstrate sub sigiliu, deşi posibilitatea pierderii cheilor este foarte redusă deoarece ele se păstrează chiar la întrerupătoare, în dispozitivele de acţionare. Este de dorit ca profilul şi tăieturile cheilor să indice simplificat numărul de ordine al celulei deservite.

Blocajul mecanic cu lacăte poate fi utilizat cu succes şi acolo unde nu pot fi aplicate alte metode. Astfel la posturile de tip rural un blocaj, de tip asemănător cu cele descrise se poate uşor realiza între maneta separatorului şi întrerupătorul sau cel puţin uşile cutiei de joasă tensiune. El împiedică deschiderea separatorului dacă nu se întrerupe în prealabil circuitul de joasă tensiune al transformatorului postului.

Concluzii

1. La staţiile cu sistem simplu de bare, sistemele de blocaj mecanic a separatoarelor sînt cele mai simple, sigure şi economice şi de aceea trebuie larg folosite.

2. Blocajul cu lacăte şi chei este o soluţie universală care prezintă numeroase avantaje, mai ales dacă piesele necesare se execută centralizat, iar locul de instalare a lacătelor se amenajază chiar de fabricile producătoare de separatoare şi întrerupătoare.

Bibliografie

[1] *Baptidanov L. N.* şi *Tarasov V. I.*: Utilajul electric al centralelor şi staţiilor electrice, GEI, 1948, Vol. II.

[2] Idem Ed. 1953,

[3] * * *: Prescripţii de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice.

[4] * * *: Electriceskie stanţii, nr. 5/1954, pag. 59.

CONSIDERAŢII ASUPRA CALCULULUI CURENTULUI DE SCURTCIRCUIT ÎN REŢELELE DE JOASĂ TENSIUNE

Ing. ANGHEL VASÎLESCU

Calculul curenţilor de scurtcircuit se efectuează după normele uzuale ale reţelelor de înaltă tensiune. Se arată în prezenta lucrare că în cazul reţelelor de joasă tensiune rezultatele obţinute pe această cale sînt exagerate în deosebi atunci cînd puterea transformatorilor este mai mare ca 1 000 kVA

Prin utilizarea pe scară cît mai întinsă a energiei electrice, sursele sistemelor de reţele ating valori apreciabile. De mărimea puterii acestor surse, depinde valoarea curenţilor care iau naştere în cazul unui scurtcircuit în reţea [1].

Din constatarea faptului că producerea energiei electrice în centrale electrice puternice este mult mai economică decît în centrale mai mici şi mai numeroase, s-a născut transportul la distanţă, iar în măsura în care au crescut cererile de energie electrică şi distanţele de transport, a fost necesar să se ridice în mod corespunzător şi tensiunea sub care se face transportul. Tensiunea înaltă solicită mediul izolant care înconjoară conductorii iar dacă acesta este insuficient dimensionat, un scurtcircuit în punctele slabe devine inevitabil. Scurtcircuitele în reţelele electrice sînt fenomene accidentale, însă reţeaua trebuie astfel dimensionată, încît ivirea lor să nu lase urme durabile în exploatare [2].

Deoarece curenţii de scurtcircuit produc eforturi dinamice de valori foarte mari, trebuie să se determine în prealabil prin calcul valoarea acestor eforturi, pentruca elementele constitutive ale reţelei, să fie în mod corespunzător dimensionate, iar în caz de scurtcircuit aceste elemente să poată rezista [3]. Literatura de specialitate indică un bogat material documentar privind modul cum trebuie executat acest calcul, precum şi valorile uzuale pe care acesta se bazează [4, 5, 6, 8, 9, 10].

In reţeaua de înaltă tensiune, un scurtcircuit intervine din cauza unui defect de izolaţie, din cauză de defect de fabricaţie sau din cauze atmosferice.

In cazul tensiunii joase scurtcircuitul este provocat de accidente în exploatare. In deosebi este valabilă această premiză în reţelele industriale din fabrici şi uzine, reţele executate în cabluri subterane, sau adăpostite în clădirile respective, aşa că din aceste motive izolaţia lor nu este supusă influenţelor atmosferice. Prin creşterea puterii şi complexităţii acestor reţele, s-a impus ca necesară verificarea la scurtcircuit a lor, folosindu-se în acest scop metodele de calcul şi premizele obişnuite în reţelele de înaltă tensiune.

Ne propunem să arătăm în prezentul studiu, că premizele care au stat la baza calculului curentului de scurtcircuit în reţelele de tensiune înaltă, nu sînt întocmai valabile în cazul reţelelor de tensiune joasă şi că dacă se iau în consideraţie adevăratele premize, rezultatele sînt cu totul altele şi anume de natură să conducă la o serioasă economie de material. Pentru a putea efectua o comparaţie între acestea vom supune unei analize expresia care furnizează valoarea curentului de curtcircuit.

In caz de funcţionare normală o reţea alimentează o impedanţă Z, iar curentul care circulă prin aceasta este dat de expresia :

$$I = \frac{U}{Z}. \qquad (1)$$

Impedanţa Z include toate rezistenţele şi reactanţele circuitului inclusiv pe acelea ale sursei.

Prin scurtcircuitare se anulează o parte din rezistenţele şi reactanţele componente, rămînînd numai acelea ale sursei şi ale liniei de la sursă pînă în punctul în care are loc scurtcircuitul. Drept consecinţă a coborîrii brusce a valorii lui Z, ia naştere un curent determinat de valoarea corespunzătoare a tensiunii U şi a impedanţei rămase, adică :

$$I_1 = \frac{U}{Z_1}, \qquad (2)$$

peste care se suprapune un alt curent tranzitoriu.

Ivirea unui scurtcircuit înseamnă o schimbare bruscă în situaţia circuitului. Curentul de scurtcircuit iniţial este întovărăşită de un curent liber, aşa numita componentă continuă, a cărei mărime depinde de momentul în care are loc şocul de scurtcircuit. Valoarea acestui curent scade foarte repede în funcţie de amortizarea circuitului ; în general, după 1/4 se capătă valori cu totul neînsemnate. Atît timp cît componenta continuă este în fiinţă, curentul de scurtcircuit variază în mod nesimetric faţă de linia de zero, deoarece componenta continuă se suprapune componentei alternative de scurtcircuit. Aşadar curentul de scurtcircuit iniţial rezultă din amplitudinea curentului alternativ de scurtcircuit, plus componenta continuă suprapusă.

Exprimat în formulă matematică, se obţine :

$$I_s = \sqrt{2} \times I_1 + I_2. \qquad (3)$$

Dacă se notează cu :

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + X^2},$$

rezultă :

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X^2}}. \qquad (3')$$

In mod experimental s-a putut constata că dacă în afară de rezistenţa ohmică a sursei nu se află pînă la locul scurtcircuitului nici o altă rezistenţă ohmică şi dacă scurtcircuitul are loc în momentul cînd tensiunea trece prin zero, atunci valoarea curentului de scurtcircuit iniţial se obţine prin înmulţirea cu 1,8 a amplitudinii alternative a curentului de scurtcircuit. Factorul 1,8 include, în condiţiile expuse mai sus şi rezistenţa ohmică a sursei, aşa că valoarea curentului de scurtcircuit iniţial este dată de expresia :

$$I_s = 1{,}8\sqrt{2} \cdot \frac{U}{X}. \qquad (4)$$

Pentru cazul cînd pe drumul de la sursă la locul de scurtcircuit nu se mai găsesc rezistenţe ohmice, atunci în mod general expresia (4) devine :

$$I_s = p\sqrt{2}\ \frac{U}{X}.$$

Valoarea coeficientului p în funcţie de valoarea raportului R/X este dată de diagrama fig. 1,

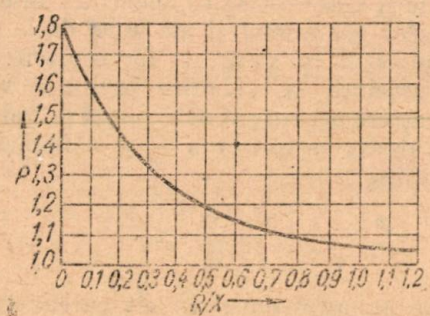


Fig. 1

unde R înseamnă valoarea rezistenţelor ohmice care se găsesc pe drumul de la sursă la punctul de scurtcircuit [1].

In general, valoarea rezistenţei ohmice de la sursă pînă în punctul unde are loc scurtcircuitul este mică, dacă acesta are loc în imediata apropiere a sursei, condiţie care este îndeplinită în totdeauna de reţelele industriale, care sînt alimentate fie de generatoare, fie de transformatoare plasate în incinta întreprinderii. Pe lîngă această rezistenţă care este mai mică şi deci nu este luată în consideraţie, în punctul de scurtcircuit ia naştere o rezistenţă de contact prin care trece intensitatea de scurtcircuit. Se impune deci să analizăm acum valoarea rezistenţei de contact a scurtcircuitului însuşi [6].

In reţelele industriale de tensiune joasă scurtcircuitul este provocat în general de accidente : atingerea firelor conducătoare de curent cu scule metalice, atingerea a doi conductori prin distrugerea izolaţiei dintre ei, manevre greşite.

Manevrele greşite nu se încadrează în grupa scurtcircuitelor care au loc în imediata apropiere a sursei. Ele creiază scurtcircuite care includ rezistenţe ohmice de genul acelora menţionate mai sus, aşa că în cazul acestor scurtcircuite, rezistenţa ohmică nu este zero.

Atît în cazul atingerii firelor conducătoare cu scule metalice, cît şi în cazul atingerii firelor între ele din cauza distrugerii izolaţiei, atingerea are lac în mod normal fără presiune.

Valoarea rezistenţei de contact între două piese de metal este dată de expresia [7] :

$$R = \frac{K}{Fm}\ \Omega$$

unde :

K este un coeficient care depinde de natura metalului ; în cazul oţel-cupru $K = 3{,}1 \times \times 10^{-3}$;

F — forţa de presare dintre piesele aflate în atingere kg ;

m — un coeficient care depinde de forma contactelor şi a cărui valoare variază între 0,5 şi 1 ; în caz de atingere accidentală contactul este punctiform, iar $m = 0{,}5$.

Considerăm cazul cel mai defavorabil, care intervine cînd forţa de presare $F = 1$ şi $m = 1$. In acest caz valoarea rezistenţei de contact devine $R_f = 3{,}1 \times 10^{-3}\ \Omega$.

Menţionăm că această valoare, indicată în literatura menţionată în bibliografie [2, 3], se referă la suprafeţele prelucrate în vederea confecţionării aparatelor de manevră. In mod normal, barele colectoare din cupru sau aluminiu sînt vopsite sau oxidate aşa că rezistenţa de contact este în orice caz superioară valorii de mai sus. Tot astfel şi firele conducătoare de curent a căror izolaţie a fost distrusă, reprezintă din aceleaşi motive de oxidare, în cazul atingerii lor, o rezistenţă de contact de valoare în orice caz superioară aceleia menţionată mai sus. Chiar din figura 1 rezultă că pentru obţinerea de valori mici ale lui p trebuie ca raportul R/X să aibă valori mari, ceea ce înseamnă ca X să fie de acelaşi ordin de mărime cu R, adică X să aibă valori mici. Cu alte cuvinte valoarea $3{,}1 \times 10^{-3}\ \Omega$ este acoperiotare.

Pentru a putea constata în mod practic la ce rezultat conduce valoarea considerată mai sus, vom analiza cazul scurtcircuitului alimentat de o sursă formată dintr-un transformator de 1 000 kVA, avînd 380/220 V pe partea secundară. Această situaţie se întîlneşte în mod normal în cazul reţelelor industriale, alimentate de centrale electrice puternice, a căror tensiune la borne nu este influenţată de sarcina reactivă reprezentată de scurtcircuitarea unui transformator de 1 000 kVA. Cînd această condiţie nu este îndeplinită, atunci tensiunea la borne scade, iar curentul de scurtcircuit capătă valori mai mici.

Acest transformator se execută cu o tensiune de scurtcircuit de 5,5%. Transformînd valorile relative în valori ohmice conform formulei ([8] :

$$s = \frac{U^2}{P} u_k \ 10^{-5}$$

se obţine :

$$s = \frac{380^2}{1\,000} 5{,}5 \ 10^{-5} = 0{,}0079 \ \Omega,$$

aşa că valoarea raportului R/X devine :

$$\frac{R}{X} = \frac{3{,}1 \times 10^{-3}}{0{,}0079} = 0{,}39 .$$

Pentru această valoare a raportului R/X se obţine din diagrama de la fig. 1 :

$$p = 1{,}25.$$

Să calculăm acum valoarea raportului R/X pentru acelaşi transformator, însă raportînd tensiunea de scurtcircuit pe partea de înaltă tensiune, în speţă 6 kV. Această situaţie intervine în cazul unui transformator ridicător de la 380/220 la 6 kV, deci cînd scurtcircuitul are loc pe partea de înaltă tensiune.

Pentru acest caz se obţine valoarea în Ω a tensiunii de scurtcircuit precum urmează :

$$s = \frac{6\,000^2}{1\,000} 10^{-5} \ 5{,}5 = 1{,}98 \ \Omega .$$

Cu această valoare raportul R/X devine :

$$\frac{R}{X} = \frac{3{,}1 \times 10^{-3}}{1{,}98} = 1{,}565 \cdot 10^{-3}.$$

Se constată din diagrama de la fig. 1, că pentru această valoare a lui R/X valoarea lui p nu poate fi decît aceea maximă din diagramă, adică :

$$p = 1{,}8.$$

Se vede deci că pentru tensiuni înalte valoarea rezistenţei de contact nu mai joacă rol de amortizor al curentului de scurt circuit. Chiar alte rezistenţe mai mari decît rezistenţa de contact, care sa-r găsi intercalate pe parcursul dintre sursă şi punctul de scurtcircuit, nu mai joacă nici un rol în cazul tensiunilor înalte [9].

In cazul tensiunilor joase, în speţă 380/220 V, tensiunea de scurtcircuit a transformatoarelor, furnizează la transformarea din valori relative în ohmi, valori de acelaşi ordin de mărime ca şi rezistenţa de contact în punctul de scurtcircuit, iar din acest motiv factorul p este totdeauna mai mic decît 1,8.

Vom analiza acum situaţia barelor colectoare în cazul cînd se consideră influenţa rezistenţei de contact, adică în cazul cînd $p = 1{,}25$ şi în cazul cînd $p = 1{,}8$.

Curentul nominal al unui transformator de 1 000 kVA la380 V este 1 500 A. Acest curent necesită conform tabelelor un profil de bară de cupru de 100 × 10 mm. S-a văzut mai sus că transformatorul de 1 000 kVA se execută pentru o tensiune de scurtcircuit de 5,5% care transformată în ohmi rezultă :

$$s = 0{,}0079 \ \Omega.$$

Cu această valoare a rezistenţei, valoarea efectivă a componentei alternative a curentului de scurtcircuit iniţial rezultă :

$$I_m = \frac{380}{1{,}73 \times 0{,}0079} = 27\,500 \ \text{A}.$$

Efortul dinamic specific, calculat conform indicaţiilor din [10] rezultă din ecuaţia următoare :

$$f_{B\,max} = 2{,}08 \cdot 0{,}87 \frac{(p.I_m)^2}{a} = 1{,}77$$

$$\frac{(1{,}25 \cdot \sqrt{2} \cdot 27500)^2}{11} = 3{,}75 \ \text{kg/cm}$$

(s-a ales o distanţă de 10 cm între feţele barelor plasate pe muchie, ceea ce conduce la o distanţă de 11 cm între axele geometrice ale barelor).

Momentul de încovoiere la care sînt supuse barele din cauza scurtcircuitului este dat de formula :

$$M = \frac{f \cdot l}{10} = \frac{3{,}75 \times 10^4}{10} = 3\,750 \ \text{kg/cm}.$$

Bara de 100 × 10 are un moment de rezistenţă

$$W = \frac{h \times b^2}{6} = \frac{10 \times 1}{6} = 1{,}67 \ \text{cm}^3.$$

Rezultă solicitarea la încovoiere în caz de scurtcircuit :

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3\,750}{1{,}67} = 2\,250 \ \text{kg/cm}^2.$$

Pentru cazul cînd $p = 1{,}8$ se obţine solicitarea la încovoiere în caz de scurtcircuit, înmulţind valoarea obţinută mai sus cu raportul :

$$\left(\frac{1{,}8}{1{,}25}\right)^2 = 2.$$

Rezultă deci că dacă nu se consideră valoarea rezistenţei de contact în locul unde are loc scurtcircuitul, pentru ca barele să poată face faţă efortului dinamic ce ia naştere în caz de scurtcircuit, este necesar să se monteez două bare una lîngă alta în paralel pentru fiecare fază. Această situaţie se întîlneşte în cazul cînd barele de joasă tensiune sînt alimentate de un singur transformator de 1 000 kVA.

In cazul cînd sînt mai mulţi transformatori de aceeaşi putere, dublarea şi chiar triplarea barelor pe fiecare fază rămîne totuşi insuficientă, fiind necesare alte mijloace de amortizarea curentului de scurtcircuit, mijloace şi mai costisitoare.

Deşi, după cum am menţionat mai sus, calculul curenţilor de scurtcircuit a dat prilej la o bogată

literatură de specialitate, fapt care se evidenţiază şi din alăturata bibliografie, iar în unele din aceste lucrări menţionîndu-se chiar în mod expres influenţa rezistenţei de contact asupra curentului de scurtcircuit, scopul prezentei lucrări este să arate în mod practic cum la transformatorii de putere mai mare, valoarea în ohmi a reactanţei totale a transformatorului este de acelaşi ordin de mărime ca şi rezistenţa de contact a scurtcircuitului, în cazul cînd această reactanţă este raportată pe partea de 380 V. Această potrivire face ca valoarea coeficientului p să scadă mult sub 1,8, rezultînd de aici o pronunţată amortizare a curentului de scurtcircuit. Această situaţie intervine numai cînd scurtcircuitul are loc pe partea de joasă tensiune. In cazul scurtcircuitului pe partea de înaltă tensiune, rezistenţa de contact nu mai influenţează valoarea lui p.

Bibliografie

[1] VDE 670.

[2] *Babicov M. A.*: Aparate Electrice, Editura Energetică, de Stat, Bucureşti, 1953.

[3] *Butchevici I. V* şi alţii: Partea electrică a centralelor şi staţiilor electrice, Edit. Energetică, de Stat Bucureşti, 1953.

[4] *Walter M.*: Kurzschlusstrome in Drehstromnetzen, Oldenburg, München-Berlin, 1938.

[5] *Ulianov S. A.*: Scurtcircuitele în sistemele electrice, G.E.I., Moscova-Leningrad, 1949 trad. Ed. En. Stat.

[6] *Stromniatnikov U. A.*: Calculul curenţilor de scurtcircuit, ţinînd seamă de rezistenţa ohmică. Electriceschie Stanţii, nr. 7, 1938.

[7] *Avramescu A.*: Calculul încălzirii staţionare a contactelor electrice. Electrotehnica, 1 (1953), nr. 9, p. 25.

[8] *Avramescu A.* şi *Militaru P.*: Calculul grafic al curenţilor de scurtcircuit, Revista AGIR-Electricitatea, nr. 2(1948), nr. 6, pag. (269-280) şi 3j1949, nr. 1, pag. 17—30

[9] *Avramescu A.* şi *Săndulescu S.*: Metode pentru calculul curenţilor de scurtcircuit, Electricitatea 3 (1952), nr. 1—2, pag. 50—63.

[10] *Gerlach M.*: Berechnung von Kurzschlusstromen in Hoch und Niederspannungsanlagen, V. Tehnik, Leipzig, 1952.

★

СООБРАЖЕНИЯ О РАСЧЕТЕ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ

Резюме

Расчет токов к. з. производится по обычным нормам высоковольтных сетей. В настоящей работе указываются что в случае низковольтных сетей, этим путем получаются преувеличенные результаты, в особенности когда мощность трансформаторов больше 1000 ква.

RECENZIE

Copiev, S. F.. Utilajul auxiliar din sala maşinilor a centralelor electrice, Gosenergoizdat, Moscova 1954

Noua carte a prof. S. F. Copiev, cunoscut în special pentru lucrările sale în domeniul termoficării, grupează problemele legate de calculul, proiectarea, exploatarea şi formele de realizare a acelui utilaj auxiliar al centralelor termoelectrice cu abur (de condensaţie sau de termoficare), care se amplasează în mod curent în sala maşinilor.

Autorul tratează astfel chestiuni legate de preîncălzitoare, vaporizatoare, degazoare, aparate cu jet şi reductoare de presiune.

În primul capitol sînt tratate chestiunile de bază, privind utilajul auxiliar din sala maşinilor: încadrarea sa în schema termică, (atît schema centralelor de condensaţie cît şi schema centralelor de termoficare) şi formulele necesare la calculul termotehnic al utilajului.

Două capitole sînt apoi rezervate preîncălzitoarelor de apă, atît acelor la care schimbul de căldură se efectuează între apă şi apă cît şi acelor la care schimbul de căldură se face de la abur la apă.

Pe lîngă formele constructive şi calculul lor termic se examinează detaliat diferite tipuri de staţii de preîncălzire regenerativă a apei de alimentare din centralele de condensaţie şi instalaţii de preîncălzire a apei pentru reţelele de termoficare. Deasemenea se vorbeşte despre exploatarea instalaţiilor de preîncălzire, insistîndu-se în mod deosebit asupra automatizării.

Capitolele următoare tratează despre vaporizatoare şi degazoare, unde, ca şi în celelalte capitole sînt trecute în revistă atît formele de realizarecît şi probleme legate de proiectarea şi exploatarea instalaţiilor respective.

În capitolul al şaselea sînt prezentate diversele aparate cu jet utilizate în centrale: injectoare, (pentru alimentarea cazanelor), elevatoare (utilizate în reţelele termice), compresoare de abur, ejectoare de abur şi apă. Calculul lor este dat detaliat.

In capitolul al şaptelea se vorbeşte de reductoarele de presiune, arătîndu-se diferite tipuri ale acestor aparate.

Ing. A. Mişu

REVISTA „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice ✱ Redacţia: Bucureşti, str. Ioan Ghica nr. 3. Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 ii 3.07.30 ✱ Administraţia şi Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raionul I. V. Stalin ✱ Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 ✱ Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale de la oraşe şi sate, prin factorii poştali la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi la *sediul Redacţiei din str. Ioan Ghica nr. 3* ✱ Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual; Preţul unui exemplar: lei 5.

CĂRȚI APĂRUTE ÎN

„EDITURA ENERGETICĂ DE STAT"

S. S. GRINKO și S. A. STRELKOVSKI: **Centrale hidroelectrice rurale**
Traducere din limba rusă
144 pag. 6,10 lei

I. I. GUMIN: **Circuitele secundare ale centralelor electrice**
Traducere din limba rusă
168 pag. 11,05 lei

A. A. GLAZUNOV ș. a.: **Culegere de probleme referitoare la rețelele sistemelor electrice**
Traducere din limba rusă
204 pag. 8,70 lei

I. N. BAPTIDANOV și V. I. TARASOV: **Echipamentul centralelor și stațiilor electrice (vol. I)**
Traducere din limba rusă
460 pag. 26 lei

S. A. AVAEV ș. a.: **Echipamentul electric al intreprinderilor din industria ușoară**
Traducere din limba rusă
466 pag. 30,40 lei

I. E. HAIKIN: **Oscilații întreținute.**
Traducere din limba rusă
136 pag. 6,10 lei

A. A. SMIRNOV: **Repararea aparatelor și instrumentelor termotehnice de măsură și control**
Traducere din limba rusă
600 pag. 26 lei

N. G. LOBACENKO ș. a.: **Suflarea suprafețelor de încălzire ale agregatelor de cazane**
Traducere din limba rusă
162 pag. 8,60 lei

OMK
E 2039
1

KAT

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

5

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREŞTI

SUMAR

Pag.

* * *: 1 Mai 1955 201

I. Purica: Utilizarea energiei nucleare în centralele electrice 203

G. Hercz: Realizarea reglajului separatorilor pneumatici de praf de cărbune la morile unei centrale termoelectrice 214

G. Panaitescu: Tarifarea energiei electrice în R.P.R. 219

P. Wisner: Contribuţie la problema modelării scurgerii în albiile naturale 226

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ

C. Dinulescu: Realizarea unui mijloc simplu şi rapid pentru amorsarea pompelor ce funcţionează neînecat 234

I. Spînu şi A. Ionescu: Trusă portativă pentru verificarea pe teren a releelor tip varmetric de punere la pămînt 236

IN AJUTORUL CELOR CE STUDIAZĂ ŞI APLICĂ PRESCRIPŢIILE DE EXPLOATARE TEHNICĂ A CENTRALELOR ŞI REŢELELOR ELECTRICE

G. Manolescu: Instalaţiile de acumulatoare 237

PENTRU NOILE CADRE

N. Dănilă: Probleme actuale în dezvoltarea centralelor termoelectrice cu abur 241

DIN ACTIVITATEA A.S.I.T. 245

RECENZII 246

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * *: 1-ое мая 1955 г. 201

И. Пурика: Использование ядерной энергии на электростанциях 203

Г. Херц: Осуществление регулировки пневматических сепараторов углеразмольных мельниц на одной ТЭС 214

Г. Панаитеску: Тарификация электроэнергии в Р.Н.Р. 219

П. Виснер: К вопросу о моделировании стока в натуральных руслах 226

ОБМЕН ОПЫТОМ

К. Динулеску: Осуществление простого и быстрого способа запуска постояннодействующих насосов 234

* * *: Переносной прибор для полевой проверки варметрических реле заземления 236

В ПОМОЩ ИЗУЧАЮЩИМ И ПРИМЕНЯЮЩИМ П.Т.Э. ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И СЕТЕЙ

Г. Манолеску: Аккумуляторные установки 237

НОВЫМ КАДРАМ

Н. Данила: Современные вопросы развития паровых ТЭС 241

ЗА УЛУЧШЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖУРНАЛОВ А.С.И.Т. 245

РЕЦЕНЗИИ 246

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 5 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

1 MAI 1955

Ziua de 1 Mai, ziua solidarităţii internaţionale a celor ce muncesc, este sărbătorită în acest an în toate ţările sub semnul unui uriaş efort al omenirii pentru cucerirea şi apărarea păcii. Aproape un miliard de oameni, prin semnătura pusă pe Apelul de la Viena al Consiliului Mondial al Păcii şi-au dat adeziunea lor năzuinţelor de pace ale omenirii. Sărbătoarea proletariatului internaţional prilejueşte trecerea în revistă a forţelor crescînde ale păcii, ale democraţiei şi socialismului.

Uriaşa forţă economică a Uniunii Sovietice sporeşte necontenit. Industria grea, temelia puterii statului sovietic şi a creşterii bunei stări a poporului este în prezent de 3,5 ori mai mare decît acum 15 ani.

In dezvoltarea ştiinţei şi a tehnicii energiei atomice, Uniunea Sovietică a dobîndit o superioritate netă; ea a construit prima centrală electrică din lume, pe bază de energie atomică.

Ziua de 1 Mai găseşte poporul sovietic în plin avînt creator pentru înfăptuirea programului elaborat de P.C.U.S. şi de Guvernul Sovietic în vederea dezvoltării agriculturii şi a desţelenirii de vaste terenuri noi.

In opera de construire a vieţii noi, marea Republică Populară Chineză şi ţările de democraţie populară au obţinut succese însemnate. Strînsa colaborare frăţească între aceste ţări, ajutorul multilateral pe care-l primesc din partea Uniunii Sovietice, le asigură o dezvoltare armonioasă.

In contrast izbitor cu economia înfloritoare de pace a ţărilor care construiesc socialismul, economia ţărilor capitaliste trece prin foarte mari dificultăţi. Producţia de oţel a scăzut în S.U.A. cu 20,9% într-un singur an, în timp ce în U.R.S.S. şi în ţările de democraţie populară ea a crescut cu 8%. In prezent se află în S.U.A. 5 milioane şomeri totali şi 10 milioane şomeri parţial.

Clasa muncitoare din ţările capitaliste ripostează riguros ofensivei monopolurilor împotriva drepturilor democratice, desfăşurînd o largă mişcare grevistă, care reuneşte revendicările economice cu cererile de a se pune capăt cursei înarmărilor.

Pe linia slăbirii încordării internaţionale, U.R.S.S., călăuzindu-se în permanenţă de principiul leninist al coexistenţei diferitelor sisteme sociale, duce o politică externă de întărire a păcii, corespunzătoare năzuinţelor şi intereselor tuturor popoarelor. Un puternic ecou l-a găsit în rîndul popoarelor propunerile sovietice din Comisia O.N.U. pentru dezarmare.

Un avînt de nestăvilit a luat lupta de eliberare naţională a popoarelor din ţările coloniale şi dependente. Armistiţiul din Indochina şi conferinţa popoarelor din Asia şi Africa constituie evenimente istorice în viaţa acestor popoare.

Conferinţa de la Delhi a ţărilor asiatice, pentru slăbirea încordării în relaţiile internaţionale, a adoptat la 10 aprilie o serie de rezoluţii politice, economice şi culturale şi în primul rînd cele cinci principii proclamate de primii miniştri ai marilor state asiatice China şi India, care cuprinde aproape 1 miliard de locuitori ; aceste rezoluţii reprezintă o bază trainică pentru înţelegerea reciprocă şi pentru coexistenţa paşnică între diferitele ţări.

O creştere accentuată a forţelor păcii se observă şi în ţările capitaliste.

In prezent, în multe ţări din Europa şi Asia, forţele sănătoase ale naţiunii, indiferent de apartenenţa lor socială şi politică, se unesc sub semnul apărării păcii şi securităţii popoarelor. Pretutindeni masele populare sprijină cu căldură eforturile făcute de Uniunea Sovietică, pentru asigurarea păcii şi a securităţii internaţionale.

In patria noastră, pentru poporul nostru muncitor, eliberat pentru totdeauna de sub jugul claselor exploatatoare şi a imperialiştilor străini, a devenit o tradiţie întîmpinarea zilei de 1 Mai cu noi succese în muncă pentru construirea socialismului.

Traducînd necontenit în viaţă măsurile economice elaborate de Plenara C.C. al P.M.R. din august 1953, oamenii muncii de la oraşe şi sate,

dobîndesc succese însemnate în dezvoltarea industriei socialiste, în creşterea producţiei agricole, în sporirea producţiei bunurilor de larg consum, în lupta pentru ridicarea necontenită a nivelului de trai al poporului. Desfăşurînd larg întrecerea socialistă, numeroase întreprinderi au terminat planul cincinal înainte de 1 Mai, deci cu 8 luni înainte de termen.

Marile realizări ale poporului nostru în domeniul economiei, ştiinţei tehnicii şi culturii ar fi fost de neînchipuit fără ajutorul multilateral şi frăţesc al Uniunii Sovietice.

In anii de democraţie populară, a fost creată în ţara noastră o puternică industrie socialistă. Nivelul producţiei industriale este în prezent de aproape 3 ori mai mare decît în 1938, întrecînd astfel cu mult cea mai înaltă producţie atinsă sub capitalism. Ramurile industriale noi, create în aceşti ani, demonstrează capacitatea creatoare a clasei muncitoare, a inginerilor, a tehnicienilor din ţara noastră.

La sate, un mare număr de ţărani muncitori, convingîndu-se de avantajele muncii în comun şi-au unit pămînturile în peste 5 000 gospodării agricole colective şi întovărăşiri. Nivelul de viaţă al muncitorilor şi ţăranilor muncitori a crescut foarte mult faţă de trecut.

In domeniul energetic, realizările fac ca planul de electrificare să prindă viaţă. In anul 1954 au fost puse în funcţiune marile centrale termoelectrice Sîngiorgiu de Pădure, Comăneşti precum şi o nouă centrală hidroelectrică.

La centrala termoelectrică „Steaua Roşie" de la Sîngiorgiu de Pădure, a intrat în funcţiune la sfîrşitul anului 1954 al doilea grup electrogen care a dublat puterea iniţială a centralei termoelectrice. Unitate de mare capacitate, utilată cu echipament sovietic de înaltă tehnicitate această centrală termoelectrică furnizează energie electrică întreprinderilor industriale şi permite extinderea reţelelor electrice rurale în regiune.

La 23 August 1954 a fost terminată şi s-a pus în funcţie primul agregat al centralei termoelectrice Comăneşti, a cărei construcţie a început în toamna anului 1951. S-a realizat astfel o nouă verigă a planului de electrificare ridicîndu-se o nouă centrală electrică în inima Moldovei, vitregită din toate punctele de vedere de către regimul burghezo-moşieresc.

Centrala termoelectrică „Gheorghe Gheorghiu-Dej" de la Doiceşti şi-a completat în acest an puterea proiectată şi lucrează în prezent din plin. Intrarea în funcţie a acestor centrale electrice cît şi a centralei termoelectrice Ovidiu II şi a centralei hidroelectrice de la Moroieni, au dus la o mărire a producţiei de energie electrică, în ultimii trei ani cu peste 50%. Această creştere a producţiei de energie electrică este datorită nu numai sporului de putere nou instalată ci şi creşterii permanente a duratei de utilizare a instalaţiilor considerabil sporite faţă de anul 1948.

In afară de aceasta, trebuie relevate şi marile lucrări care se află în curs de executare pe şantierele centralelor termoelectrice şi hidroelectrice prevăzute în planul nostru de electrificare.

In ultimii trei ani, s-a construit un mare număr de staţii şi posturi de transformare şi s-au obţinut importante realizări în domeniul liniilor electrice de transport de energie. S-au executat linii de 110 kV, în lungime de 3,5 ori mai mare decît toate liniile de înaltă tensiune care au existat în 1944. Alte linii în lungime de multe sute de km se găsesc într-un stadiu avansat de construcţie.

In materie de electrificare rurală, ultimul an a adus mari progrese. Cu ajutorul energotrusturilor, energocombinatelor precum şi a diferitelor centrale electrice departamentale, din centrele industriale, au fost electrificate numeroase comune şi sate din diferite regiuni şi raioane ca Galaţi, Piteşti, Hunedoara, Constanţa, Bucureşti, Oraşul Stalin, Bacău, Sibiu, Brăila, etc.

In cadrul mecanizării agriculturii, au fost electrificate numeroase arii de treerat. In anul 1954, Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice a luat o serie de măsuri în vederea creşterii numărului de arii electrificate. In anul 1954 numărul acestor arii a fost în creştere cu 12% faţă de anul 1953.

Perspective largi se deschid pentru energetica noastră în lumina comunicării Guvernului Uniunii Sovietice cu privire la acordarea de ajutor tehnico-ştiinţific şi de producţie, relativ la folosirea energiei atomice. Potenţialul nostru energetic va creşte mult avînd posibilitatea de a folosi în viitor energia nucleară alături de celelalte surse de energie ale ţării noastre.

Alături de clasa muncitoare, de ţărănimea muncitoare, oamenii de ştiinţă şi tehnică, inginerii şi tehnicienii sărbătoresc împreună cu întreaga intelectualitate a patriei noastre ziua de 1 Mai, ziua solidarităţii internaţionale a oamenilor muncii, punîndu-şi toată priceperea, capacitatea, forţa creatoare, în slujba înfloririi ştiinţei şi tehnicii, a mersului înainte al ţării noastre.

Pentru întreg poporul nostru, ziua de 1 Mai este o demonstraţie puternică a dragostei şi ataşamentului faţă de Partid, faţă de statul de democraţie populară, este o demonstrare a voinţei de neclintit de a merge înainte pe calea înfloririi scumpei noastre patrii, Republica Populară Romînă.

Utilizarea energiei nucleare în centralele electrice

Ing. I. PURICA

In acest articol se expun problemele privind utilizarea energiei nucleare pentru producerea energiei electrice. Se dau bazele fizice necesare pentru o corectă înțelegere a procesului de producere a căldurii în reactorii nucleari. Se descriu două tipuri de reactori nucleari arătînd condițiile ce trebuiesc îndeplinite de reactorii nucleari în centralele electrice. In încheiere se analizează aspectul constructiv și parametrii de funcționare pentru o centrală electrică cu reactor regenerativ.

A. Reacția nucleară de spargere a nucleelor de uraniu și plutoniu

Se știe că cercetările din domeniul fizicii atomice din ultimii 50 ani și în special cercetările asupra elementelor chimice radioactive au condus la descoperirea unei noi posibilități de producere a energiei sub formă de căldură, în cantitate mult mai mare decît se putea produce pînă în prezent.

Cele mai numeroase ramuri ale tehnicii care stau la baza civilizației actuale a omenirii, se bazează pe utilizarea energiei sub formă de căldură, rezultată din reacția chimică de oxidare a carbonului:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 8150 \text{ kcal/kg C.}$$

Căldura rezultată astfel este transformată apoi prin mijloacele cunoscute în diferitele forme de energie necesare industriilor și așezămintelor omenești.

Căldura astfel obținută este rezultatul unui proces chimic: combinarea cărbunelui cu oxigenul.

Noul mijloc de producere a căldurii nu mai este rezultatul unui proces chimic ci al unui „proces nuclear".

Pentru a putea înțelege reacția nucleară care stă la baza producerii de căldură în reactorii nucleari este necesar să fie precizate mai întîi cîteva noțiuni de fizică atomică.

Se știe că elementele chimice sînt compuse din atomi care au o structură diferită de la element la element. Fiecare element chimic este caracterizat prin greutatea lui atomică „A" și prin numărul atomic „Z". Atomul este format dintr-un nucleu a cărui greutate este aproximativ egală cu greutatea totală a atomului și care posedă o sarcină electrică pozitivă.

In jurul nucleului se găsește un număr de electroni, fiecare avînd o sarcină electrică negativă, $e = 4{,}802 \cdot 10^{-10}$ u.e.s. CGS și o masă $m_e \cong 0{,}91 \cdot 10^{-27}$ g. Numărul electronilor este egal cu numărul atomic Z. Sarcina pozitivă a nucleului este egală cu sarcina negativă totală a electronilor Ze. Luînd sarcina unui electron ca unitate de sarcină electrică, se poate spune că nucleul are un număr de Z sarcini electrice pozitive.

Nucleul este format din particule nucleare:

Z protoni cu masa $m_p = 1{,}6724 \cdot 10^{-24}$ g, și o sarcină electrică pozitivă egală în valoare absolută cu sarcina electronului (protonul este nucleul atomului de hidrogen).

$A-Z$ neutroni cu masa, $m_n = 1{,}6748 \cdot 10^{-24}$ g, ceva mai mare decît a protonului, și fără sarcină electrică.

Dacă se ia ca unitate de masă unitatea atomică de masă (UAM) egală cu 1/16 din masa atomului de oxigen, atunci masa protonului este $m_p = 1{,}00758$ UAM iar masa neutronului $m_n = 1{,}00898$ UAM.

Greutatea totală a nucleului A în UAM s-a constatat că diferă cu o cantitate mică de suma greutăților protonilor și neutronilor din care este format. Aceasta se datorește faptului că pentru menținerea protonilor și neutronilor într-un volum mic, ca cel ocupat de nucleu (sferă cu raza $r = 1{,}5 \cdot 10^{-13} A^{\frac{1}{3}}$) este necesară o anumită energie care se numește energie de legătură.

Oricărei cantități de energie E îi corespunde o anumită masă m, după relația lui Einstein:

$$m = E/c^2 \quad (c \text{ este viteza luminii în vid})$$

Diferența de masă între suma mesei protonilor și neutronilor și masa reală a nucleului corespunde, conform relației de mai sus, energiei de legătură.

Se poate astfel considera că masa reală de repaos a unui nucleu cu greutatea atomică A și numărul atomic Z, este egală cu:

$$m(A,Z) = (A-Z)\, m_n + Z \cdot m_p - \frac{E}{c^2}$$

$$\frac{E}{c^2} = \Delta m$$

Unitatea de energie utilizată în descrierea proceselor nucleare este „electronvoltul". Intre un electronvolt „eV" și unitatea de energie CGS, ergul, avem relația:

$$1\text{eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-12} \text{ ergi.}$$

De asemenea conform relației de corespondență dintre masă și energie, unitatea atomică

de masă va avea un corespondent în eV sau în ergi:

$$1 \text{ UAM} = 931 \cdot 10^6 \text{ eV} = 931 \text{ MeV}.$$

Astfel energia ce corespunde masei electronului este 0,5108 MeV.

Existența protonilor în volumul mic ocupat de nucleu nu poate fi explicată fără să admitem că, în afară de forțele culombiene de respingere, care se exercită între ei datorită sarcinii electrice, mai există și forțe de atracție care se exercită atît între protoni, între neutroni, cît și între protoni și neutroni. Aceste forțe numite forțe nucleare diferă mult de forțele culombiene.

In timp ce forțele culombiene variază invers proporțional cu pătratul distanței dintre particule, forțele nucleare scad exponențial cu această distanță. Din această cauză efectele lor nu se fac simțite decît la distanțe mici, iar la distanțe mari domină forțele culombiene.

Practic forțele nucleare nu se exercită decît între particolele care sînt vecine.

Această caracteristică a forțelor nucleare care este asemănătoare cu caracteristica forțelor de coeziune dintre moleculele unui lichid, a condus la modelul nucleului picătură. Nucleul este considerat ca o picătură formată din protoni și neutroni.

Tratarea cantitativă a acestui model conduce la rezultate în bun acord cu rezultatele experimentale.

Ținînd seama de cele de mai sus un nucleu va fi caracterizat prin masa lui și prin numărul protonilor, deci sarcina electrică pozitivă Z. Se obișnuiește să se noteze nucleele sub forma ${}_ZM^A$.

De exemplu:

nucleul de hidrogen ${}_1H^1$ sau ${}_1p^1$ (proton)
„ heliu ${}_2He^4$
„ oxigen ${}_8O^{16}$
„ uraniu ${}_{92}U^{235}$ și ${}_{92}U^{238}$
„ plutoniu ${}_{94}Pu^{236}$

Neutronul se notează cu ${}_0n^1$, deoarece sarcina lui electrică este nulă.

Deoarece greutatea electronilor din jurul nucleului unui atom este mică, se obișnuiește ca prin simbolele de mai sus să se noteze chiar atomii elementelor chimice.

Numărul atomic Z caracterizează elementul sub aspectul proprietăților sale chimice și fizice. Același element chimic poate fi însă compus din atomi care au același Z însă greutăți atomice A diferite. Singura proprietate care diferențiază cei doi componenți este doar greutatea lor atomică, deoarece avînd același număr atomic au aceleași proprietăți chimice. Asemenea atomi se numesc isotopi (ocupă același loc în tabloul lui Mendeleev).

Uraniul are doi isotopi importanți, unul cu greutatea 235 UAM și altul cu 238 UAM iar sarcina nucleului + 92 e.

Nu toate nucleele sînt stabile. Pentru ca un nucleu să fie stabil trebuie să fie compus dintr-un anumit număr de protoni și un anumit număr de neutroni. Dacă raportul dintre cele două numere este modificat prin introducerea în nucleu a unui proton, neutron sau nucleu de heliu, echilibrul se strică și nucleul devine instabil. El revine la o stare stabilă după ce a eliminat energie fie sub forma unei radiații γ (unde electromagnetice de foarte mare frecvență) fie un electron cu viteză mare, fie un proton sau un neutron transformîndu-se în nucleul altui alement chimic. In cazul elementelor grele radioactive ca uraniu, thoriu, actiniu, nucleele lor emit în mod natural nuclee de heliu (particole α) și raze γ sau electroni (raze β).

Anumite nuclee ale elementelor grele se sparg în două nuclee de mase diferite, atunci cînd pătrunde în interiorul lor un neutron. Masele nucleelor rezultate în urma spargerii nu sînt întotdeauna aceleași.

Un asemenea proces se numește o reacție nucleară de fiziune, împărțire sau spargere.

Există nuclee care se sparg în special dacă neutronul care a pătruns în el are o viteză mică și deci o energie cinetică mică, de ordinul de mărime al energiei pe care o au moleculele gazelor la temperatură normală, adică 0,025 eV. Neutronii care au asemenea energii se numesc neutroni termici. Alte nuclee se sparg în special dacă neutronii care au pătruns în ele au energii mari, de ordinul 1 MeV. Astfel de neutroni se numesc neutroni rapizi.

Odată cu spargerea nucleelor în două nuclee noi, mai apar și 2—3 neutroni cu energii mari, în medie de 2 MeV.

Nucleele rezultate în urma spargerii sînt izotopii unor elemente chimice cunoscute. Ele sînt însă instabile deoarece posedă un număr mare de neutroni în raport cu numărul de protoni. Pentru a se ajunge la un raport stabil între numărul de neutroni și protoni la majoritatea nucleelor rezultate în urma spargerii se transformă, în nucleu, un neutron în proton și se emite în afară un electron:

$$ {}_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + e^- $$

Totuși sînt și unele la care se emit din nucleu chiar un neutron, după ce a avut loc reacția de spargere. Asemenea neutroni se numesc neutroni întîrziați.

Ei au o importanță deosebită așa cum vom vedea ulterior.

Elementele care se sparg la neutronii termici sînt izotopul 235 al uraniului ${}_{93}U^{235}$, isotopul 233 al uraniului ${}_{92}U^{233}$ și plutoniul ${}_{94}Pu^{239}$.

Isotopul 238 al uraniului se sparge în special la neutroni rapizi. Probabilitatea ca un neutron rapid care a pătruns în nucleul isotopului de uraniu cu masa 238 să provoace spargerea este foarte mică. Mult mai mare este însă probabilitatea ca în urma absorbției neutronului să ia naștere un nucleu instabil ${}_{92}U^{239}$ și în urma unei serii de transformări succesive de neutroni în protoni, cu emisie de electroni (raze β) să

se producă nuclee de neptuniu $_{93}Np^{239}$ şi apoi plutoniu $_{94}Pu^{239}$ după reacţiile nucleare :

$$_{92}U^{238} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{92}U^{239} + \gamma$$

$$_{92}U^{239} \rightarrow {}_{93}Np^{239} + e^{-}$$

$$_{93}Np^{239} \rightarrow {}_{94}Pu^{239} + e^{-}$$

Plutoniul este un element radioactiv ca şi uraniul. El emite raze α (nuclee de heliu) şi β (electroni). Atît neptuniul cît şi plutoniul nu există în stare naturală ca celelealte elemente chimice.

Timpul în care o cantitate dată de plutoniu se reduce la jumătate, datorită desintegrării radioactive a nucleelor, este de $2{,}4 \cdot 10^{4}$ ani, deci este un element destul de stabil. In cazul uraniului acest timp este de $4{,}5 \cdot 10^{9}$ ani.

Isotopul 233 al uraniului, care se sparge sub acţiunea neutronilor lenţi, ia naştere în urma absorbţiei unui neutron de către nucleele de thoriu $_{90}Th^{232}$, care se transformă în $_{92}U^{233}$ după o schemă similară cu cea de mai sus pentru cazul plutoniului.

Isotopul 235 al uraniului se găseşte în stare naturală în minereurile de uraniu în cantitate foarte mică 0,71%. Restul de 99,29% din uraniul metalic natural este isotop 238. Thoriul de asemenea se găseşte în stare naturală. Atît $_{92}U^{238}$ cît şi $_{90}Th^{232}$ se găseşte în cantitate apreciabilă pe suprafaţa globului.

Ceea ce prezintă un deosebit interes la o reacţie de spargere este faptul că nucleele rezultate în urma spargerii pornesc în spaţiu cu viteze apreciabile, deci cu o energie cinetică mare. Prin şocurile care le suferă cu atomii corpurilor din mediul în care a avut loc spargerea nucleelor rezultate, transmit acestora energia lor cinetică. Astfel în mediul în care are loc spargerea nucleelor, energia cinetică medie a atomilor va creşte. Aceasta se traduce macroscopic prin creşterea temperaturii şi deci prin apariţia unei cantităţi de căldură, care nu este altceva decît energia cinetică medie a atomilor.

Cantitatea de energie care apare în urma spargerii unui nucleu poate fi explicată prin următorul proces fizic. In urma pătrunderii neutronului în nucleu acesta devine instabil, nu mai există un echilibru între forţele de coeziune interne ale nucleului picătură, tensiunea sa superficială şi forţele electrostatice de respingere dintre protoni. Nucleul trece printr-o serie de deformări B, C (fig. 1) care conduc la spargerea lui în două nuclee picătură noi dacă în stadiul C forţele de respingere electrostatice ale celor două capete (P, Q) sînt mai mari decît forţele nucleare de legătură ce acţionează în domeniul gîtuirii. Imediat după spargere cele două nuclee noi, care iau în E o formă sferică, se vor găsi la o distanţă foarte mică încît putem presupune că sînt în contact.

Fiecare din ele are o sarcină electrică dată de numărul de protoni. Intre ele se vor exercita forţe de respingere electrostatice. Deci imediat după spargere apare o energie potenţială electrostatică.

Datorită forţelor culombiene de respingere care se exercită asupra fiecăruia din nucleele rezultate acestea vor fi accelerate în spaţiu. In felul acesta energia potenţială electrostatică, din primul moment, se transformă în energie cinetică care apare în ultima fază, aşa cum am văzut mai sus, sub formă de energie termică

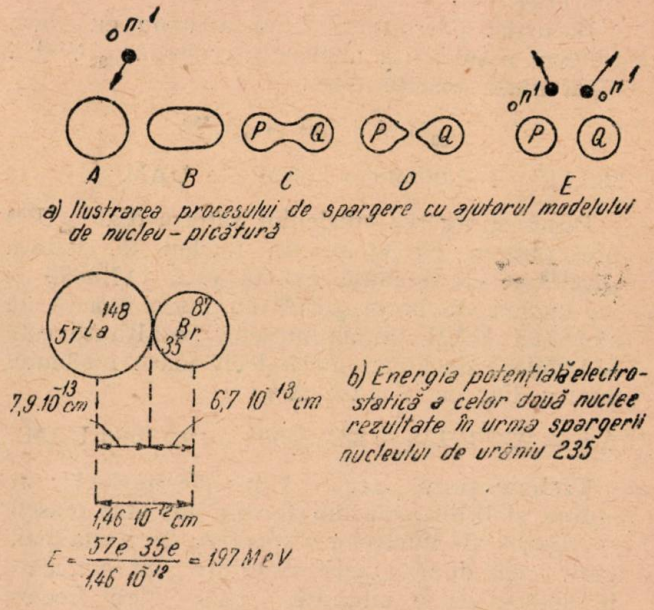


Fig. 1. — Spargerea nucleelor elementelor grele.
a — ilustrarea procesului de spargere cu ajutorul modelului de nucleu — picătură ; *b* — energia potenţială electrostatică a celor două nuclee rezultate în urma spargerii nucleului de uraniu 235.

Rezultatul aplicării cantitative a schemei procesului de spargere, relatată mai sus, este în bun acord cu datele experimentale.

Dacă se consideră cazul spargerii unui nucleu de uraniu 235, nucleele care apar cel mai frecvent în urma spargerii sînt nucleele isotopilor elementelor chimice :

— lantan cu $A = 148$ şi $Z = 57$
— brom cu $A = 87$ şi $Z = 35$

Razele acestor nuclee considerate ca sfere sînt

$r_1 = 7{,}9 \cdot 10^{-13}$ cm pentru lantan, şi

$r_2 = 6{,}7 \cdot 10^{-13}$ cm pentru brom.

Sarcinile lor pozitive sînt respectiv

$q_1 = 57 \cdot e$ şi $q_2 = 35 \cdot e$,

unde e este sarcina electronului ($4{,}802 \cdot 10^{-10}$ u.e.s. CGS). Considerînd că sarcina electrică este concentrată în centrul sferelor, energia lor potenţială electrostatică va fi :

$$E = \frac{q_1 \cdot q_2}{(r_1 + r_2)} = \frac{57\,e \cdot 35\,e}{1{,}46 \cdot 10^{-12}} = \frac{57 \cdot 35\,(4{,}802)^2 \cdot 10^{-20}}{1{,}46 \cdot 10^{-12}} =$$

$$= 3{,}15 \cdot 10^{-4} \text{ ergi} = 197 \text{ MeV}.$$

Prin măsurători experimentale s-a determinat energia care apare în medie pentru o spargere a nucleului de uraniu şi s-a găsit că energia

cinetică a nucleelor rezultate este de 162 MeV, iar energia neutronilor şi a celorlalte radiaţii γ şi β care apar în procesele de desintegrare ulterioare spargerii, este de 33 MeV deci în total 195 MeV.

Fenomenul energetic al reacţiei de spargere a nucleelor de uraniu mai poate fi privit şi în alt fel.

Masa exactă a isotopului de uraniu 235 este 235,1124.

In urma pătrunderii unui neutron cu masa 1,00898 rezultă un nucleu intermediar $_{92}U^{236}$ a cărui masă exactă este :

$$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{92}U^{236}$$

$$235{,}1124 + 1{,}00898 = 236{,}12138 \text{ UAM.}$$

După spargerea nucleului intermediar $_{92}U^{236}$ presupunem că apare un nucleu de lantan $_{57}La^{148}$ a cărui masă exactă este 147,9893 şi un nucleu de brom $_{35}Br^{88}$ cu masa exactă de 87,96128 UAM. Suma maselor rezultante este 235,95058, deci mai mică decît masa nucleului intermediar cu o masă Δm :

$$\Delta m = 236{,}12138 - 235{,}95058 = 0{,}17080 \text{ UAM.}$$

Trebuie ţinut seama că masele nucleelor de lantan şi brom considerate mai sus sînt masele de repaus ale nucleelor respective. In urma spargerii, cele două nuclee rezultate sînt aruncate în spaţiu cu o anumită viteză, deci fiecare va avea o anumită energie cinetică. Masa unui corp este în funcţie de viteza sa. Ea creşte cu viteza după relaţia :

$$m_v = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

unde :

m_v este masa corpului care se deplasează cu viteza v faţă de observator ;
m_0 — masa de repaos ;
c — viteza luminii.

Cele două nuclee care se deplasează în spaţiu cu o anumită viteză vor avea o masă mai mare, masă ce corespunde energiei lor cinetice. Creşterea de masă datorită acestei energii cinetice este tocmai diferenţa de masă Δm care a apărut mai sus. Suma energiilor cinetice pe care le vor avea cele două nuclee va fi egală cu energia corespunzătoare diferenţei de masă

$$E = \Delta m c^2$$

Exprimînd diferenţa de masă în unităţi de energie avem :

$$E = 0{,}17080 \text{ UAM} = 159 \text{ MeV.}$$

Energia produsă de spargerea unui nucleu de uraniu 235 este foarte mare. Acest lucru, nu apare sensibil, comparabil cu fenomenele energetice cu care sîntem obişnuiţi, decît dacă calculăm energia ce se poate obţine prin spargerea tuturor nucleelor de uraniu 235 conţinute într-un kg de uraniu natural.

Avînd în vedere conţinutul mic în isotop 235 al uraniului natural putem considera greutatea lui atomică egală cu 238.

O cantitate egală cu greutatea atomică exprimată în grame, în cazul nostru 238 g conţine un număr de $6{,}02 \cdot 10^{23}$ atomi. Ţinînd seama că avem numai 0,7% atomi de uraniu 235, un kg de uraniu natural va conţine un număr de :

$$\frac{1\,000}{238} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \frac{0{,}7}{100} = 1{,}765 \cdot 10^{22}$$

atomi de urnaiu 235.

Considerînd că toate nucleele atomilor de uraniu 235 se sparg, producînd fiecare 195 MeV, rezultă că 1 kg de uraniu natural poate da :

$$1{,}765 \cdot 10^{22} \cdot 195 = 348 \cdot 10^{24} \text{ MeV.}$$

Exprimînd această energie în unităţi energetice uzuale avem :

$$3{,}48 \cdot 10^{22} \text{ MeV} = 1{,}602 - 10^{-6}\, 3{,}48 \cdot 10^{24} \text{ ergi} =$$

$$= 5{,}55 \cdot 10^{18} \text{ ergi} = 5{,}55 \cdot 10^{18} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10^{-3}}{3\,600} \text{ kWh} =$$

$$= 1{,}54 \cdot 10^{5} \text{ kWh.}$$

Comparînd energia produsă de 1 kg de uraniu natural cu energia de 8150 kcal respectiv 9,4 kWh produsă prin arderea unui kg de carbon rezultă că 1 kg de uraniu natural este echivalent sub aspect energetic cu :

$$\frac{1{,}54 \cdot 10^5}{9{,}4} = 1{,}64 \cdot 10^4 \text{ kg C} = 16{,}4 \text{ t carbon.}$$

Dacă ţinem seamă de faptul că şi nucleele de uraniu 238 pot lua parte la reacţia de spargere după transformarea lor în plutoniu şi că energia produsă de spargerea unui nucleu de plutoniu este aproximativ egală cu cea produsă de uraniu 235, rezultă că un kg de uraniu natural poate furniza o energie de $2{,}3 \cdot 10^7$ kWh. In acest caz un kg de uraniu natural este echivalent cu $2{,}45 \cdot 10^6$ kg sau 2450 tone de carbon.

Acest raport se schimbă dacă ţinem seama de randamente.

In urma celor spuse mai sus putem scrie ecuaţia reacţiei de spargere a nucleelor de uraniu 235 sub forma :

$$_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{92}U^{236} \rightarrow {}_{z_1}P^{A_1} + {}_{z_2}Q^{A_2} + 2 \div 3\, {}_0n^1 + 2{,}3 \cdot 10^7 \text{ kWh/kg U}$$

unde P şi Q sînt nucleele izotopilor rezultaţi în urma spargerii care trebuie să îndeplinească condiţia evidentă :

$$A_1 + A_2 = 235 - (2 \div 3)$$
$$Z_1 + Z_2 = 92$$

Această reacţie nucleară ia locul reacţiei chimice de ardere a carbonului.

Uraniul 235, uraniul 233 şi plutoniul 239 pot fi consideraţi ca noi combustibili care iau locul combustibilului carbon.

Uraniul 238 cît şi thoriul 232 sînt consideraţi combustibili bruţi întrucît, pentru a putea fi utilizaţi în vederea producerii de căldură, este nevoie ca ei să fie transformaţi respectiv în plutoniu 239 şi uraniu 233.

Vom vedea cum este posibilă producerea de căldură la scară industrială în reactorii nucleari cît şi cum pot fi utilizaţi combustibilii bruţi pentru producerea căldurii.

B. Producerea căldurii în reactorii nucleari

Am văzut că izotopul uraniului cu masa 235 se sparge atunci cînd un neutron lent sau termic pătrunde în nucleu. In urma spargerii apar 2 pînă la 3 neutroni rapizi cu viteze de 14 000 km/s. Dacă aceşti neutroni sînt încetiniţi pînă la viteza de 2 km/s ei pot lovi alte nuclee de uraniu 235 şi deci pot produce o nouă reacţie de spargere, etc. Faptul că la un proces de spargere apare un număr de neutroni mai mare ca unu face posibilă amorsarea unei reacţii de spargere în lanţ. Pentru aceasta este necesar ca neutronii rapizi să fie încetiniţi şi să nu se piardă, fie prin absorbţia lor de către nuclee care nu se sparg, fie prin părăsirea blocului de uraniu în care vrem să se amorseze reacţia în lanţ. Un motiv principal de pierdere a neutronilor, în cazul cînd se utilizează uraniul natural, este absorbţia neutroninilor de către isotopul 238 care nu se sparge ci se transformă în plutoniu. Acest lucru este cu atît mai periculos cu cît în uraniul natural majoritatea 99,3% din nuclee sînt ale isotopului 238. Acesta absoarbe în special neutronii destul de rapizi cu energii de 7 eV. Pe de altă parte el nu poate servi pentru încetinirea neutronilor întrucît pentru ca un neutron rapid să-şi piardă energia este necesar să sufere 2180 de şocuri cu nuclee de uraniu 238, fără să fie absorbit. Pentru a evita absorbţia neutronilor în uraniu 238 este necesar ca neutronii rapizi care apar în urma unei spargeri să sufere cît mai puţine şocuri cu aceste nuclee deci să părăsească masa de uraniu. In acelaşi timp el trebuie încetinit, deci la părăsirea blocului de uraniu trebuie să pătrundă într-un corp în care în urma unor şocuri, puţine la număr, să-şi piardă energia şi să pătrundă apoi cu viteză mică într-un nou bloc de uraniu pentru a putea provoca altă spargere a unui nucleu de uraniu 235. Corpurile utilizate pentru încetinirea neutronilor se numesc moderatori. Cei mai indicaţi moderatori sînt: apa grea (D_2O), apa obişnuită (H_2O), grafitul (C) şi beriliul (Be). In tabela 1 se poate vedea numărul mediu de şocuri pe care trebuie să le aibă cu nucleele moderatorului un neutron rapid (2 Me V) pentru a se încetini pînă la 0,025 eV.

Tabela 1

Numărul de şocuri necesare pentru a încetini un neutron de la 2 MeV la 0,025 eV

Elementul	Greutatea atomică	Şocuri necesare
Hidrogen, H	1	18
Deuteriu, D	2	25
Heliu, He	4	43
Beriliu, Be	9	86
Grafit, C	12	114
Oxigen, O	16	150
Uraniu, U	238	2 180

Avînd în vedere raţionamentul de mai sus, pentru a face posibilă amorsarea unei reacţii în lanţ, este necesar ca uraniul natural să fie dispus sub formă de bare aşezate la distanţe convenabile în moderator. De asemenea trebuie să se piardă prin suprafaţa exterioară a ansamblului de bare sau blocuri şi moderator, un număr cît mai mic de neutroni. De aceea este necesar ca dimensiunile acestui ansamblu să aibă anumite valori denumite valori critice. Pentru ca pierderea de neutroni să fie cît mai mică se înconjoară ansamblul format ca mai sus cu un strat de material care reflectă neutronii în interiorul volumului dispozitivului. Materialele care se utilizează ca reflector sînt aceleaşi ca cele utilizate ca moderator.

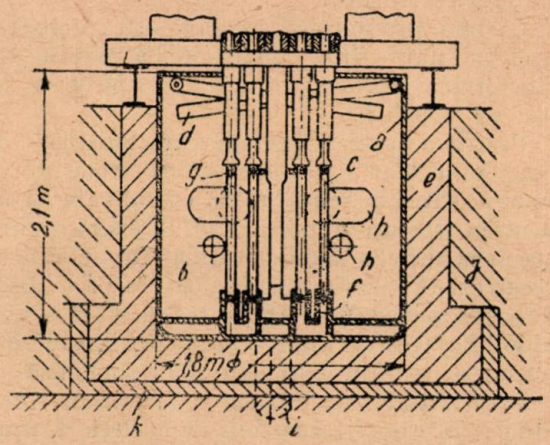


Fig. 2. — Reactor nuclear cu apă grea:

a — cuvă de aluminiu 1,8 m diametru şi 2,1 m înălţime; *b* — apă grea (D_2O) 4,7 tone; *c* — combustibilul 16 bare de uraniu în teacă de aluminiu, fiecare bară conţinînd 75 g uraniu 235; *d* — 2 bare de reglaj, oţel cu bor, şi două bare de siguranţă; *e* — reflector din grafit; *f* — intrarea fluidului de preluarea căldurii în interiorul barelor de uraniu; *g* — ieşirea fluidului de preluarea căldurii; *h* — deschidere de control; *i* — orificiul pentru evacuarea apei grele; *k* — izolant termic; *l* — izolant contra radiaţiilor, din beton.

Un asemenea dispozitiv se numeşte reactor nuclear. In fig. 2 se redă un reactor nuclear cu apă grea şi cu uraniu. Barele de uraniu sînt introduse într-o cuvă din aluminiu de 2 m diametru şi 2 m înălţime plină cu apă grea care serveşte ca moderator. Barele pot fi introduse sau scoase cu ajutorul unor dispozitive mecanice acţionate de la distanţă prin partea superioară a cuvei. Pentru a evita corodarea barelor de uraniu, acestea se acoperă cu un strat de aluminiu.

De jur împrejurul cuvei se utilizează un strat reflector de grafit şi apoi un strat de beton pentru protecţia contra radiaţiilor şi pentru protecţie termică.

Reglajul reactorului este asigurat cu două bare de oţel cu bor care sînt introduse în reactor sau scoase cu ajutorul unor servomecanisme comandate de la distanţă. Borul absoarbe foarte uşor neutronii termici deci introducerea unei anumite porţiuni din bara de bor în reactor va face ca densitatea neutronilor să scadă, să scadă deci şi

numărul de spargeri şi în consecinţă puterea reactorului. Pentru a evita posibilitatea de ambalare a reactorului, în cazul cînd puterea reactorului a depăşit o anumită valoare care se consideră periculoasă, două bare de bor de siguranţă pot fi în mod automat introduse cu mare viteză în cuva reactorului, făcînd să înceteze reacţia în lanţ prin absorbţia unei mari cantităţi de neutroni.

Ca izolant împotriva radiaţiilor este utilizat un strat de beton a cărui grosime depinde de puterea reactorului.

Căldura produsă în reactor este preluată cu ajutorul unui fluid care circulă prin interiorul reactorului. Acesta poate fi apă, apă grea, heliu sau sodiu lichid.

Pentru a putea înţelege caracteristicele unui reactor nuclear este necesar să urmărim viaţa unui neutron în reactor. Să considerăm că acest neutron este un neutron lent. El suferă o serie de şocuri cu nucleele moderatorului. In cursul acestor şocuri există o probabilitate ca el să fie absorbit de aceste nuclee. Probabilitatea ca el să scape de absorbţia acestor nuclee şi să fie absorbit de un nucleu de uraniu 238 sau 235 se notează cu f.

Dacă iniţial au existat n_0 neutroni termici atunci fn_0 vor fi absorbiţi de nucleele de uraniu. Din aceştia însă numai o parte vor fi absorbiţi de nucleele de uraniu 235 iar din cei absorbiţi nu toţi vor da naştere unei reacţii de spargere. Dacă notăm cu a probabilitatea ca neutronul care a fost absorbit în uraniu să producă o spargere, atunci numărul lor va fi afn_0 egal cu numărul de spargeri. La fiecare spargere în cazul uraniului 235 se produc în medie ν neutroni rapizi ($\nu = 2{,}50$) deci vor apare νafn_0 neutroni rapizi. In medie un neutron lent capturat în uraniu natural provoacă apariţia a $\nu a = \eta$ neutroni rapizi, $\eta = 1{,}32$. η caracterizează combustibilul utilizat.

Neutronii rapizi, cu o energie medie de 2MeV, pot ciocni nucleele de uraniu 238 şi provoacă spargerea lor. Apare astfel un număr foarte mic de neutroni rapizi suplimentari. Pentru a ţine seama de acest lucru se înmulţeşte numărul neutronilor rapizi cu ε. Acesta se determină experimental, $\varepsilon = 1{,}02 \div 1{,}03$ pentru reactorii existenţi. Vom avea astfel un număr de $\varepsilon \eta f n_0$ neutroni rapizi. Aceştia încep să se încetinească. In cursul încetinirii, energia lor trece prin valoarea de 7 eV şi avînd această valoare neutronul poate ciocni un nucleu de uraniu 238 şi să fie foarte uşor absorbit. Probabilitatea ca neutronul să evite absorbţia în uraniu 238 în cursul încetinirii sale se notează cu p.

Deci numărul neutronilor rapizi care s-au încetinit fără a fi absorbiţi în U^{238} va fi $n = \varepsilon \eta f p n_0$. Fiecare neutron termic (lent) iniţial a produs un număr de k_∞ neutroni termici:

$$k_\infty = \frac{n}{n_0} = \varepsilon \eta f p.$$

Acest fapt este valabil dacă nu s-ar pierde nici un neutron din spaţiul ocupat de reactor sau, ceea ce este acelaşi lucru, dacă reactorul ar avea dimensiuni infinite.

In cazul reactorilor reali trebuie considerat că neutronii au o anumită probabilitate de a ieşi prin suprafaţa reactorului. Probabilitatea ca neutronul să nu părăsească reactorul se notează cu P. In acest caz pentru fiecare neutron termic iniţial vor lua naştere k neutroni termici:

$$k = k_\infty P = \xi \eta f p P$$

k se numeşte coeficientul de multiplicare efectiv al reactorului nuclear. De asemenea se ţine seamă şi de faptul că o parte din neutroni sînt absorbiţi de către materialele de construcţie.

Pentru ca reacţia în lanţ să aibă loc este necesar ca $k \geqslant 1$. Atunci cînd $k = 1$ se spune că reactorul are dimensiunile critice el rămînînd într-o situaţie stabilă în sensul că numărul de spargeri care au loc în fiecare secundă este constant.

In fig. 3 *a* se dau pentru un reactor nuclear cu grafit şi uraniu curbele de variaţie a lui p, f,

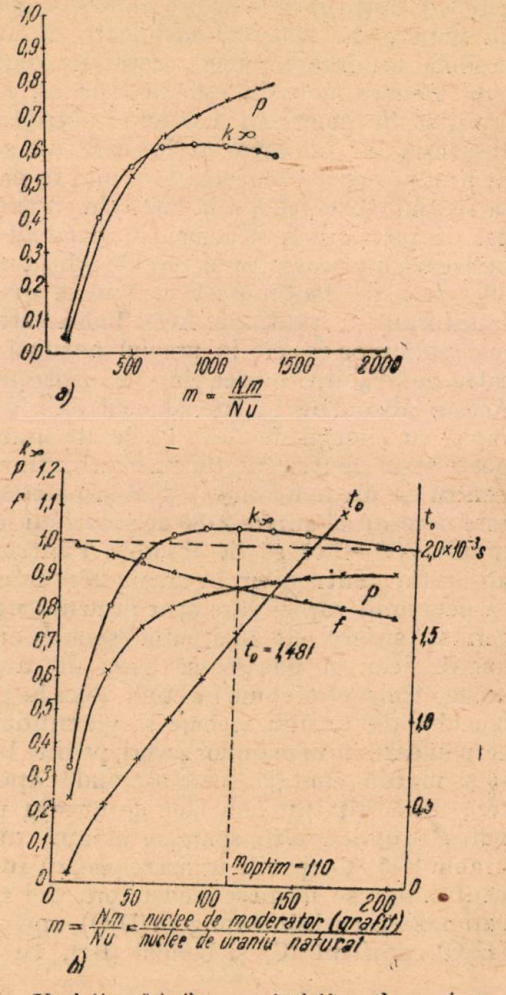


Fig. 3. — Variaţia mărimilor caracteristice ale unui reactor nuclear fără pierderi cu uraniu natural şi grafit în funcţie de raportul dintre numărul de nuclee de moderator (N_m) şi numărul nucleelor de uraniu (N_u) sau cantitatea de moderator utilizată pe kilogramul de uraniu natural.

-o- k_∞ — coeficientul total de multiplicare în mediu infinit; -x- $\vec{p}$ - probabilitatea ca neutronul să scape de absorbţia în uraniu 238;

-Δ- $\vec{f}$ - probabilitatea ca neutronul să scape de absorbţia în moderator

— + — $\vec{t_0}$ — durata vieţii neutronului termic în reactor;

a — în cazul unui amestec omogen al uraniului natural cu grafitul se observă că nu se amorsează reacţia în lanţ $k_\infty < 1$;

b — în cazul unei distribuţii ordonate a uraniului sub formă de cuburi cu latura de 5 cm sau bare cu ∅ 3 cm şi lungimea 200 cm) în masa de grafit. Se observă că pentru $m = 110$, k_∞ este maxim şi $p = f$.

k_∞ în funcţie de raportul dintre nucleele de moderator şi nucleele de uraniu. In fig. 3 *a* se consideră un amestec omogen între moderator şi uraniu, iar în fig. 3, *b* se consideră că uraniul este sub formă de cuburi sau bare.

Se observă că există o valoare optimă între cantitatea de uraniu şi de moderator care conduce la o valoare maximă pentru k.

Timpul în care neutronul parcurge ciclul descris mai sus se numeşte viaţa medie a neutronului în reactor. Aceasta este o constantă pentru un reactor dat, întrucît ea depinde numai de materialele utilizate şi de structura geometrică a reactorului.

Viaţa medie t_0 a neutronilor într-un reactor cu apă grea este de circa 0,1 s. Pentru un reactor cu grafit se vede în fig. 3, cum variază t_0 în funcţie de raportul dintre cantitatea de uraniu şi moderator. La raportul optim t_0, are valoarea de $1{,}48 \cdot 10^{-3}$ s.

Dacă presupunem că există la începutul ciclului n neutroni termici, aceştia dau naştere într-un timp de t_0 secunde la kn—n neutroni suplimentari în reactor.

Excesul de neutroni pe secundă va fi :

$$\frac{kn-n}{t_0} = \frac{k-1}{t_0} n.$$

Considerînd că valoarea medie a creşterii numărului de neutroni pe secundă este dn/dt se poate scrie :

$$\frac{dn}{dt} = \frac{k-1}{t_0} n$$

de unde prin integrare rezultă :

$$n = n_0 e^{\frac{t}{T}} \text{ cu } T = \frac{t_0}{k-1}$$

T se numeşte „perioada reactorului", iar $k-1$ „reactivitatea",

Pentru a putea trece de la o putere furnizată la un moment dat de reactor, la o altă valoare a puterii, mai mare decît aceasta, este necesar să se scoată o parte din barele de reglaj din cuva reactorului. Aceasta înseamnă o micşorare a cantităţii de bor din reactor deci o micşorare a absorbţiei de neutroni şi în consecinţă o creştere a coeficientului efectiv de multiplicare k.

Admiţînd că reactivitatea în acest caz este $k-1=0{,}01$ $(k=1{,}01)$ şi ţinînd seama că durata de viaţă a neutronilor termici într-un reactor cu grafit este $t_0 \cong 1{,}4 \cdot 10^{-3}$ s, perioada reactorului va fi :

$$T = \frac{1{,}4 \cdot 10^{-3}}{0{,}01} = 0{,}14 \text{ s.}$$

Pentru această reactivitate, densitatea fluxului de neutroni în reactor va creşte într-o secundă de 1200 ori şi în acelaşi raport va creşte şi puterea reactorului.

In acest caz s-ar părea că este imposibil un reglaj al reactorului cu grafit fără pericolul unei încălziri excesive care ar conduce la deformarea barelor de uraniu, topirea lor şi deci distrugerea reactorului.

Dacă reactivitatea este însă sub valoarea de 1% $(k = 1{,}01)$ atunci începe să se simtă influenţa

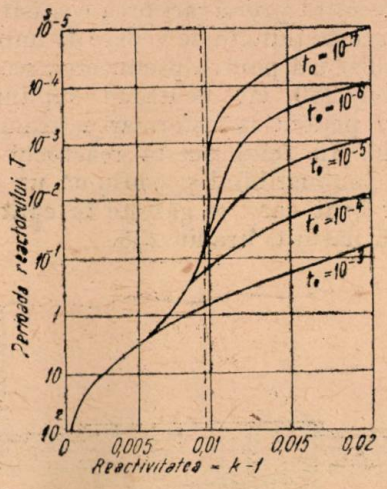


Fig. 4. — Variaţia perioadei unui reactor nuclear în funcţie de reactivitate, pentru diverse durate t_0 ale unui ciclu de spargere.

neutronilor întîrziaţi care măresc foarte mult perioada reactorului.

Ţinînd seama de efectele neutronilor întîrziaţi se obţine, pentru perioada reactorilor în funcţie de reactivitate, curbele din fig. 4.

Pericolul ca în cursul reglajului să ajungem la creşterea rapidă de putere face ca să nu se poată utiliza reactorul decît în domeniul reactivităţilor foarte mici deci la perioade foarte mari, ceea ce face ca să nu se poată varia puterea reactorului decît foarte lent.

Din această cauză centralele electrice cu reactori nucleari trebuie să fie centrale de bază, variaţiile rapide de sarcină trebuie să fie preluate de alte centrale (hidroelectrice, cu grupuri dieselelectrice).

Alegerea reactorilor nucleari, care să dea rezultatele cele mai bune într-o centrală electrică, trebuie făcută ţinînd seama de următoarele considerente principale :

1. Posibilitatea funcţionării la o temperatură cît mai ridicată, pentru a permite, ţinînd seama de pierderile de temperatură în circuitul fluidului de preluarea căldurii, producerea unui abur cu parametrii cît mai înalţi.

2. Permiterea unei dispoziţii constructive comode pentru circuitul fluidului de preluarea căldurii cu posibilitate cît mai redusă de infectare a acesteia cu isotopi radioactivi sau de transformare a atomilor lui în isotopi radioactivi.

3. Manipularea uşoară a cantităţii de uraniu care a fost epuizată în reactori (procentul dintre conţinutul în isotopi rezultaţi din spargeri şi nucleele de uraniu 235 sau plutoniu 239 a depăşit valoarea la care materialul mai poate fi utilizat) fără pericol pentru personalul de exploatare.

4. Utilizarea cît mai judicioasă a neutronilor suplimentari utilizaţi din reacţia în lanţ.

5. Un grad de utilizare cît mai bun al reactorului, înţelegînd prin aceasta cantitatea de căldură obţinută în reactori pentru fiecare kg de uraniu metalic epuizat.

6. Utilizarea ca combustibil a unui material care se găseşte în cantitate suficientă în natură şi nu necesită prelucrări prea costisitoare.

Din aceste puncte de vedere se impun reactorii care utilizează pentru producerea reacţiei în lanţ plutoniul 239 iar neutronii suplimentari sînt utilizaţi pentru transformarea uraniului 238 în plutoniu. In felul acesta reactorul îşi creează singur combustibilul şi consumă un combustibil nuclear brut care se găseşte în cantitate foarte mare în natură, uraniu 238.

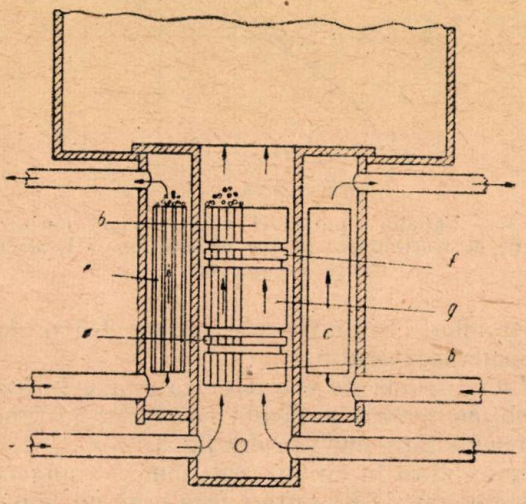


Fig. 5. — Construcţia unui reactor nuclear cu plutoniu şi uraniu 238 :

a — local de control şi alimentare ; *b* — anvelopă interioară (U 238) ; *c* — anvelopă exterioară (U 238) ; *d* — reflector ; *e*-fluid de răcire ; *f* — reflector ; *g* — miezul reactorului, combustibil : U 235 sau Pu 239 ; *i* — fluid de preluarea căldurii.

In fig. 5 se dă o secţiune printr-un asemenea reactor. Este important de observat dispoziţia miezului de plutoniu al reactorului, care este înconjurat de o anvelopă de uraniu natural care serveşte totodată şi ca reflector. Atît plutoniul cît şi uraniul natural se găseşte sub forma de bare. Excedentul de neutroni care nu este necesar reacţiei în lanţ (în cazul plutoniului la fiecare proces de spargere se produc $3 \pm 0{,}1$ neutroni) sînt utilizaţi pentru transformarea uraniului 238 din anvelopă în plutoniu.

Din schema de funcţionare a reactorului fig. 6 se vede că sînt necesare 445 g de uraniu 238 pentru a produce 2,4 milioane kWh într-o centrală electrică care funcţionează cu un randament de 25%. In anvelopa reactorului 1% din cantitatea de uraniu 238 este transformată în plutoniu. Acesta este extras la anumite intervale de timp într-o instalaţie chimică de separare. Separarea este destul de uşoară întrucît plutoniul are alte proprietăţi chimice decît uraniul, deci se pot utiliza metodele chimice obişnuite de separare a două elemente.

Plutoniul rezultat este introdus în miezul reactorului iar uraniul este introdus din nou în anvelopă în vederea transformării lui în plutoniu. Produsele de spargere rezultate sînt trimise la fabrica pentru prelucrarea acestora. După anumite intervale plutoniul epuizat din miezul reactorului este dus într-o altă instalaţie chimică pentru extragerea isotopilor produşi prin spargere. Plutoniul purificat astfel este utilizat mai departe din nou în miezul reactorului pentru a produce căldură prin reacţia de spargere.

Cantitatea de isotopi produşi zilnic este aproximaiv egală cu cantitatea de uraniu necesară zilnic. Neutronii necesari pentru transformarea uraniului din anvelopă în plutoniu reprezintă o greutate de 1,9 g/zi. Puterea produsă de un asemenea reactor este de 400 MW.

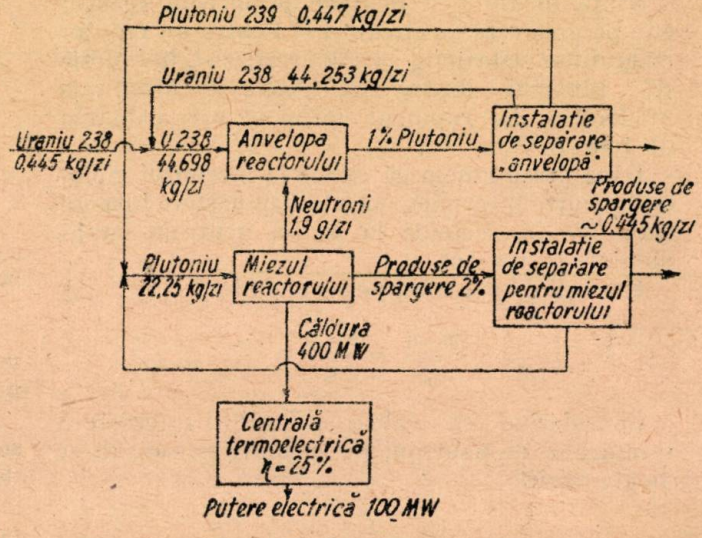


Fig. 6. — Schema de funcţionare a unui reactor cu plutoniu—uraniu 238.

In cele ce urmează se expune modul cum poate fi utilizat reactorul nuclear de tipul celui descris, într-o centrală termoelectrică.

C. Elementele principale ale unei centrale electrice cu reactori nucleari

Se va descrie, cu titlu de exemplu, elementele componente ale unei centrale electrice în care se utilizează reactori nucleari, se vor indica dimensiunile aproximative şi modul de funcţionare pentru o centrală în care se utilizează reactorii cei mai indicaţi în acest scop, adică reactorii cu uraniu 238 şi plutoniu 239 iar ca fluid pentru prelucrarea căldurii se întrebuinţează sodiu lichid.

Elementele constructive ale centralei, după cum reiese din fig. 7, sînt împărţite în două corpuri de clădire. Prima clădire conţine reactorul (*a*), schimbătorul de căldură (*i*), serviciile interne pentru reactor şi circuitul de sodiu lichid (*g*) cît şi încăperile, special amenajate, destinate manipulărilor cu barele de uraniu pentru înlocuirea în reactor a barelor epuizate (*p*) cît şi pentru scoaterea şi depozitarea acestora. De asemenea mai există o încăpere special amenajată pentru încărcarea barelor epuizate, care sînt radioactive, în vederea transportului lor la insta-

laţiile chimice pentru extracţia plutoniului şi isotopilor.

A doua clădire conţine sala grupurilor turbogeneratoare (*n*) serviciile interne ale acestora,

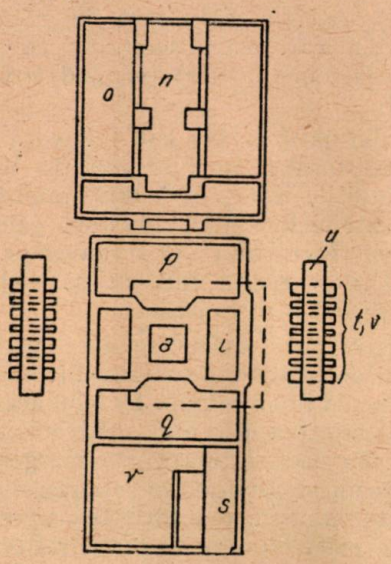


Fig. 7. — Planul de situaţie al unei centrale cu energie nucleară

elementele circuitului apei de răcire şi camera de comandă.

După cum rezultă, toate elementele care pot produce radiaţii cît şi locurile de manipularea lor sînt concentrate într-o clădire. In afara celor două corpuri de clădire se remarcă dispunerea, laterală faţă de clădirea reactorului, a tamburului inferior (*t*) şi superior (*u*) al vaporizatorului şi supraîncălzitorul (*v*). Acestea pot fi închise sau nu în clădiri separate, în funcţie de condiţiile climatice.

Instalaţia are trei circuite termice (fig. 8 şi 9) izolate fizic unul de celălalt, permiţîndu-se numai schimbul de căldură. Primul circuit este circuitul de sodiu lichid, care preia căldura produsă de reactor (*a*) şi o cedează, prin intermediul unui schimbător de căldură (*e*), unui al doilea circuit de sodiu. Ciculaţia sodiului lichid este asigurată cu o pompă specială a cărei descriere se va da mai jos. Temperatura sodiului la ieşirea din reactor este de 482°C iar la ieşirea din schimbătorul de căldură de 316°C.

Al doilea circuit de sodiu preia căldura din schimbătorul de căldură (*i*) la temperatura de 454°C şi o cedează în supraîncălzitorul (*v*) şi tamburul inferior al vaporizatorului (*t*) revenind în (*e*) cu temperatura de 298°C.

Viteza de circulaţie a sodiului este de 9 m/s.

Necesitatea utilizării a două circuite de sodiu este impusă de obligaţia de a satisface simultan două condiţii contradictorii şi anume asigurarea unui schimb de căldură cît mai bun între fluidul de preluarea căldurii din reactor şi circuitul apă-abur şi asigurarea unei izolaţii contra pătrunderii radiaţiilor din circuitul de sodiu în circuitul apă-abur.

Sodiul trecînd prin reactor devine radioactiv.

Prima condiţie necesită un perete despărţitor cît mai subţire între sodiu şi apă, în timp ce a doua impune o grosime cît mai mare a pereţilor despărţitori.

Pentru a satisface cele două condiţii în mod economic se împarte circuitul de sodiu în două circuite separate. Primul circuit, prin care trece sodiul care a preluat căldura din reactor, este izolat şi se găseşte în clădirea reactorului. Al doilea circuit de sodiu, mult mai puţin radioactiv, iese din această clădire şi cedează căldura sa circuitului apă-abur prin intermediul unor pereţi de grosime favorabilă unui schimb de căldură optim.

Al treilea circuit termic este circuitul obişnuit apă-abur al centralelor termo-electrice actuale, cu anumite particularităţi impuse de circuitul de sodiu.

Condensatul este adus în tamburul superior al vaporizatorului (*u*). Intre tamburul inferior (*t*) şi tamburul superior (*u*) are loc o circulaţie naturală. Aburul care se colectează în partea superioară a tamburului (*u*) trece prin supraîncălzitorul (*v*) de unde iese la 35 ata şi 396°C.

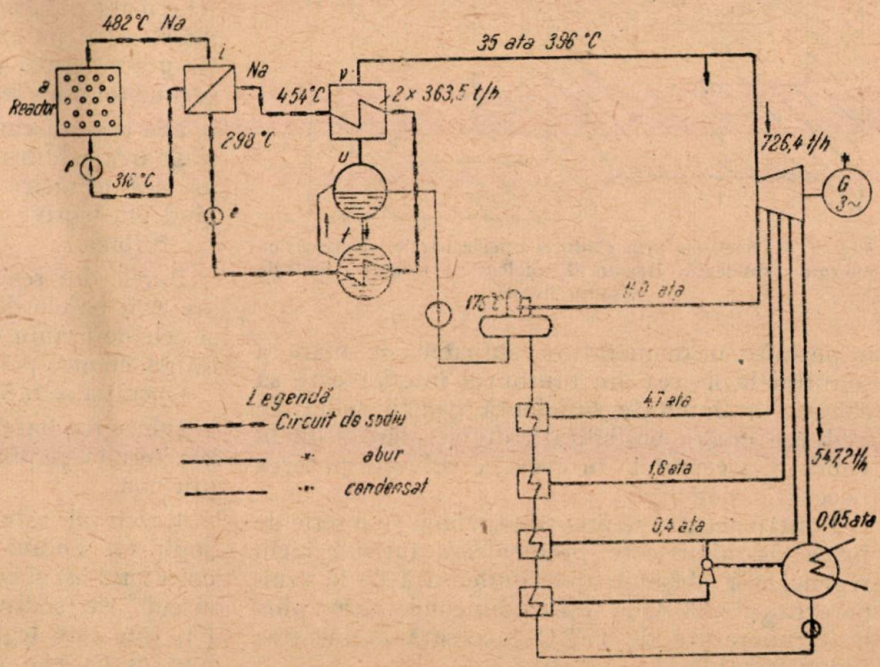


Fig. 8. — Circuitul termic al unei centrale electrice cu reactor nuclear.

Producţia de abur este împărţită pe două unităţi, fiecare producînd un debit de 363 t/h deci în total 726 t/h.

Din acestea 0,6 t/h servesc pentru realizarea vidului în condensator cu ajutorul unui ejector de abur. Restul aburului este introdus în turbină.

Se utilizează o turbină de 155 MW în două corpuri.

Consumul specific al instalaţiei termoelectrice este de circa 4,7 kg abur/kWh.

Apa condensată trebuie preîncălzită înainte de a fi introdusă în tamburul superior al vaporizatorului pînă la o temperatură de 177°C pentru

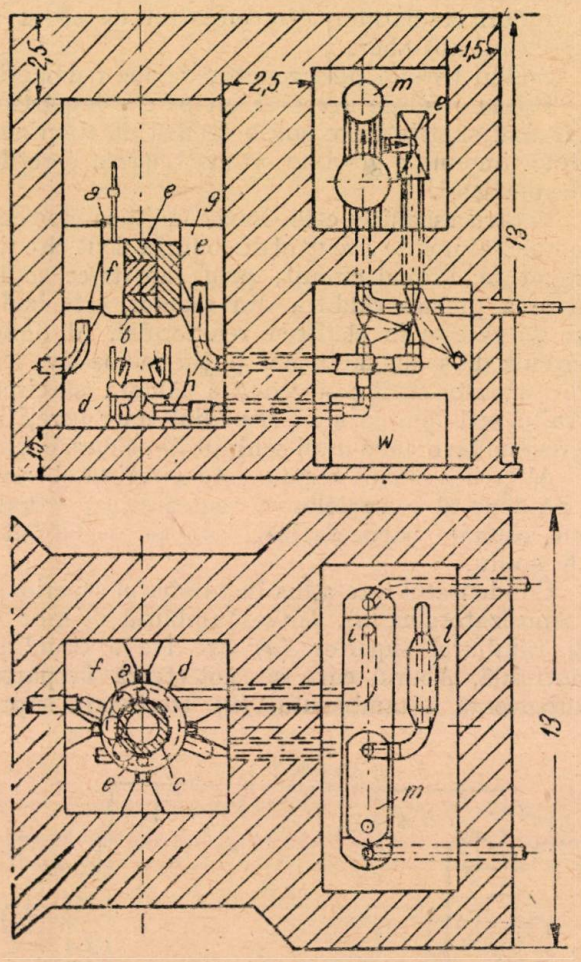


Fig. 9. — Secţiune prin clădirea unei centrale electrice cu energie nucleară. Reactorul nuclear şi primul circuit de sodiu lichid.

a permite o temperatură suficient de mare a sodiului la ieşirea din tamburul inferior care să asigure o fluiditate suficientă pentru sodiu, în vederea creării posibilităţii de circulare a lui în condiţii acceptabile în ceea ce priveşte puterea necesară pompării.

Pentru aceasta se prevede turbina cu o serie de prize de abur care preîncălzesc într-un ciclu regenerator obişnuit apa condensată de la temperatura de 33 °C la ieşirea din condensator pînă la temperatura de 177°C necesară la intrarea în vaporizator.

Randamentul total al unei centrale de acest fel este de 29%.

Se descrie mai jos posibilitatea de realizare constructivă a elementelor care diferă total de elementele obişnuite ale unei centrale termoelectrice adică reactorul şi circuitul de sodiu (fig. 9).

Reactorul este cu uraniu 238 — plutoniu 239 şi îşi produce singur combustibilul după schema din fig. 6. Miezul reactorului este un cilindru de 1 m diametru şi 1 m înălţime. In miez are loc spargerea nucleelor de plutoniu 239 cu producere de căldură şi cu producere a unui exces de neutroni care nu sînt necesari pentru menţinerea reacţiei în lanţ. Aceştia difuzează în afara miezului reactorului care este înconjurat cu un strat de uraniu metalic natural formînd anvelopa reactorului.

Uraniul natural 238 sub influenţa neutronilor este transformat în plutoniu. In acelaşi timp conţinutul de isotop 235 din uraniul natural se sparge producînd şi în anvelopă căldură.

Miezul reactorului (*b*) şi anvelopa de uraniu natural (*c*) se găsesc într-un vas de oţel de 2,5 m diametru şi 2,5 m înălţime.

Reglajul reactorului se face prin controlul fluxului de neutroni care ies din miezul reactorului trecînd în anvelopă. In felul acesta se poate varia densitatea fluxului neutronilor în miezul reactorului deci, numărul de spargeri de nuclee de plutoniu pe secundă şi în consecinţă puterea.

Pentru aceasta reactorul este prevăzut cu o serie de plăci (*f*) din material reflector a căror poziţie poate fi schimbată prin rotire şi lasă să treacă din miez în anvelopă cu flux de neutroni variabili în funcţie de poziţia plăcilor.

Reglajul sarcinii pe centralele cu reactori nucleari pune probleme speciale. Nu mai este posibilă o variaţie a sarcinii în limite aşa de mari ca într-o centrală teromoelectrică obişnuită. Din momentul în care s-a dat comanda de schimbare a sarcinii pe reactor prin acţionarea plăcilor (*f*), puterea reactorului rămîne încă un timp aceeaşi deoarece au loc reacţii de spargere secundare din cauza neutronilor întîrziaţi.

Din această cauză este necesar ca circuitul de preluarea căldurii să fie prevăzut astfel încît să asigure o răcire eficace a reactorului, atunci cînd din motive accidentale scade brusc sarcina pe turbină.

Barele din reactor trebuie înlocuite în fiecare an. Atît barele de plutoniu epuizat din miez cît şi cele de uraniu din anvelopă se trimit la instalaţiile chimice pentru regenerare.

Operaţia se face complet automatizat.

Inlocuirea barelor durează o lună de la oprirea reactorului şi pînă la punerea lui în funcţiune, din nou.

Reactorul este înconjurat de conductele cu sodiu (*h*). Sodiul lichid trece prin ele, apoi prin colectorul (*d*) şi cedează căldura celui de al doilea circuit de sodiu în schimbătorul de căldură (*i*), care este legat cu un tambur superior (*m*) umplut cu gaz inert (heliu) pentru a permite sodiului variaţiile de volum rezultate în urma variaţiilor de temperatură. Sodiul fiind un metal foarte agresiv, în special la contactul cu aerul umed, este necesar ca întregul circuit să fie complet etanş iar sodiul să nu fie în contact decît cu gaze chimic inerte. Circulaţia sodiului lichid este asigurată cu o pompă electromagnetică (*e*) a cărei construcţie şi principiu de funcţionare sînt date în fig. 10.

Condiţia esenţială pe care trebuie să o satisfacă o asemenea pompă este să asigure o perfectă etanşeitate a circuitului de sodiu. Din această cauză de la început trebuie eliminate pompele cu piese rotite de motoare, din exterior.

Sodiul fiind un metal cu o conductibilitate electrică destul de mare $20{,}9 \cdot 10^{-4}$ (mho, cm^{-1}) (de trei ori mai mică decît a cuprului), principiul

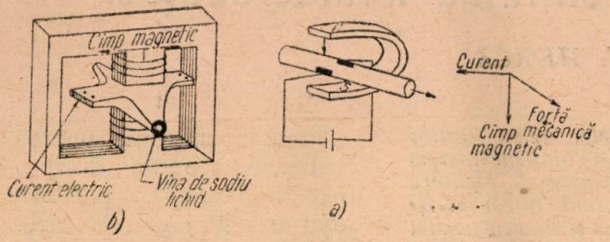


Fig. 10. Pompă electromagnetică pentru sodiu lichid.

pompei de sodiu se bazează pe faptul că : dacă se trece un curent electric printr-o regiune a vînei de sodiu lichid şi această regiune se găseşte într-un cîmp magnetic perpendicular pe direcţia curentului, asupra vînei se exercită o forţă mecanică care o împinge înainte pe conductă. Vîna de sodiu fiind continuă pe conductă, procesul de împingere se va repeta în mod continuu.

Practic pompa constă dintr-un miez de fier similar cu cel utilizat pentru transformatoarele trifazice. Cîmpul magnetic este asigurat de un bobinaj alimentat în curent continuu.

Pe coloana centrală a miezului de fier se creează un întrefer în care se introduce o piesă specială care asigură trecerea curentului prin vîna de sodiu lichid, în sensul dorit.

Această piesă este racordată etanş la conducta de sodiu. Pentru un cîmp magnetic obişnuit de 10—12 mii gauss, trecînd un curent de 10000 A prin vînă (nu necesită decît $2 \div 4$ volţi), se obţine un debit de 3 000 l/min cu o diferenţă de presiune de 3 at.

Există şi alte posibilităţi de construcţie a pompelor electromagnetice, asupra cărora însă nu insistăm.

Prin conductele (*k*) fig. 9 se vehiculează sodiul lichid din al doilea circuit de sodiu. Se observă că acesta este scos în afara clădirii reactorului şi trimis la vaporizator şi supraîncălzitor.

Toate încăperile, în care se găseşte reactorul şi elementele primului circuit de sodiu, sînt izolate cu pereţi de beton variind în grosime de la 2,5 m la 1,5 m după intensitatea radiaţiilor în încăperea respectivă. In aceste încăperi este interzis în mod normal accesul personalului de exploatare, toate operaţiunile efectuîndu-se prin servomecanisme şi comenzi la distanţă.

Bibliografie

[1] *Manu G.* : Fizica nucleară Academia Romînă — 1940
[2] *Spolschi E. V.* : Fizica atomică Ed. Tehnică — 1952.
[3] *Heissenberg W.* : Teoria nucleului atomic — I. L. Moscova 1953.
[4] *Hughes D. J.* : Cercetări cu neutroni din reactor — I. L. Moscova 1954
[5] *Corsunski* : Nucleul atomic. Edit. Tehn. 1952.
[6] *Gladstone S.* şi *Edlund M.* : Bazele teoriei reactorilor nucleari I. L. Moscova 1954.
[7] *Winiger M. A.* : Fission nucléaire et production future de l'energie.-Electr. Verwertung ; nr. 4/1954.
[8] *Wiesenach* : Sicherheitsfragen beim Atomkraftwerk BWK ; nr. 8 /1954.
[9] *Andreev W. Kramer* : Einige grundlagen der Energie erzeugung in Atom Raktoren-Arhiv für Energiewirtschaft.
[10] *Landis J. W.* : Uber die Natur der Atomenergie— Arhiv für Energiewirtschaft ; aug. 1954.
[11] *Surdin M.* şi *J. Weill* : Controle des reacteurs nucleaires — Electricité ; nr. 194 şi 195/1953.
[12] *Lenz W.* : Gewinnung elektrischer Energie aus Atomenergie — BWK ; nr. 3/1954.
[13] *Jacrot B., Netter F., Raievscki V.* : Les piles atomiques — Electricité ; nr. 192, 1953.
[14] *Wiesenack G.* : Bau und Betriebsstoffe für Kernreaktoren — BWK, nr. 4/1954.
[15] *Kitaigorodski A. I.* : Bazele fizice ale energeticei nucleare —. Moscova 1954.
[16] *Lévai András* : Az atomergia alkalmazása erömüvekben — Magyar Energiagazdasag —. nr. 11 şi 12/-1954.
[17] *Petrizilka V.* : Vyhledy na vyuziti atomove energie pro vyrobu electrické energie — Energetika CSR — Nr. 7/1954.

★

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Р е з ю м е

В статье излагаются вопросы в связи с использованием ядерной энергии для производства электроэнергии. Даются необходимые физические основы для правильного использования процесса производства тепла в ядерных реакторах. Описываются два типа ядерных реакторов, с указанием условий которым должны соответствовать реакторы для электростанций.

В заключение производится анализ с конструктивной точки зрения а также и рабочих параметров электростанции с регенеративным реактором.

Realizarea reglajului separatorilor pneumatici de praf de cărbune la morile unei centrale termoelectrice

Ing. GABRIEL HERCZ

Pe baza analizei rezultatelor măsurătorilor la diferitele poziţii de reglaj al dispozitivului realizat, se trag concluzii practice în legătură cu fineţea de măcinare optimă a cărbunelui brun din bazinul Şorecani şi se indică poziţia de reglaj corespunzătoare pentru separatorii existenţi la o centrală termoelectrică.

Un factor important în dinamica procesului de ardere este structura granulometrică a prafului de cărbune introdus în focar. Acest factor influenţează atît timpul de aprindere, cît şi timpul de ardere propriu zis al particulelor de praf.

Mai mult, întrucît punctul de înmuiere al zgurii sorturilor de cărbuni bruni utilizaţi la centrală, este relativ scăzut (circa 1 200°C) granulaţia necorespunzătoare a prafului de cărbune introdus în focar, cauzat fie de uzura inelelor şi valţurilor de la mori, fie de variaţia calităţii combustibilului, are urmări nu numai asupra randamentului cazanului (prin mărirea pierderilor), dar influenţează nefavorabil şi continuitatea exploatării (prin înfundarea drumurilor gazelor de ardere).

Pentru eliminarea deficienţelor susmenţionate, s-a ajuns la concluzia că structura granulometrică a prafului trebuie urmărită permanent, iar reglajul structurii modificat în funcţie de calitatea combustibilului şi la variaţii mari a debitului cazanului. Reglajul operativ al structurii granulometrice a devenit deci o necesitate urgentă.

In cazul cercetat reglajul operativ însemnează modificarea caracteristicilor sistemului de preparare a prafului de cărbune, în sensul selectării unor produse finite de măcinare mai fine, sau mai puţin fine. Elementul care execută selectarea particulelor preparate pentru procesul de ardere este separatorul pneumatic funcţionînd pe baza principiului selectării prin cădere a particulelor de praf prea mari (în urma pierderii de viteză cauzată de schimbarea direcţiei curentului de aer purtător).

Constructorul separatorilor din circuitul de alimentare cu praf de cărbune a cazanelor cu abur prevede de obicei o posibilitate de reglaj semifin şi fin al granulaţiei, însă în unele cazuri, ca la cele produse de fabrica Babcock—Wilkox, acest reglaj nu se poate executa decît foarte anevoios (după oprirea şi demontarea separatorului). Astfel este împiedecată atît executarea încercărilor pentru stabilirea reglajului optim pentru diferitele sorturi de cărbune, cît şi executarea reglajului operativ al granulaţiei la schimbarea condiţiilor de lucru (schimbarea durităţii şi umezelii combustibilului etc).

Prima măsură pentru realizarea scopului dorit a fost deci crearea posibilităţii de reglaj operativ prin modificarea separatorului.

Reglajul prafului de cărbune fin la separatorii pneumatici de fabricaţie B.W., se face, fie prin mişcarea clapelor *a* (din fig. 1) *z. a* la mişcarea înspre exterior a clapelor scade granulaţia (se măreşte finetea măcinişului), iar mişcarea înspre interior se măreşte granulaţia fie prin ridicarea sau coborîrea tubulurii *b* (din fig. 1), aşa zisul reglaj semifin. Reglajul fin se putea executa în mod teoretic şi în mers, însă dat fiind faptul că reglajul fiecărei palete trebuia făcut individual după desfacerea piuliţelor şuruburilor de fixare (care lipseau în mare parte), s-a constatat că în mod practic acest reglaj n-a fost utilizat de la montarea cazanelor, ba mai mult, în unele cazuri paletele se mişcau în voia lor libere. Reglajul semifin nu se putea executa decît după desfacerea piuliţelor unor şuruburi de fixare foarte greu accesibile chiar după demontarea completă a separatorului.

In scopul remedierii acestei situaţii s-au realizat dispozitivele de reglaj arătate în fig. 1 şi următoarele :

1. Un reglaj fin al granulaţiei, care cu o singură mişcare face posibilă reglarea simultană a tuturor paletelor de la 0 la maxim. Dispozitivul funcţionează pe principiul reglajului paletelor turbinelor Francis.

2. Reglajul semifin al granulaţiei compus dintr-un sistem de bare fixat de tubulura mobilă şi ghidat în patru locuri, tot de la 0 la maxim cu două trepte intermediare.

In al doilea rînd au fost create dispozitivele necesare prelevării probelor de praf de cărbune; sonda cu ecluză pentru priză din conducte cu suprapresiune (care împiedică împrăştierea prafului) şi din conducte cu presiunea mai mică decît cea atmosferică (cu ejector) tub pneumometric cu micromanometru şi un ciclon reglabil pentru colectarea probei de praf de cărbune (fig. 2 şi 3).

In sfîrşit a trebuit să fie adoptată o metodă adecvată pentru analiza probelor de praf prelevate, pentru a putea trage concluzii imediate referitor la modificarea caracteristicilor de reglaj.

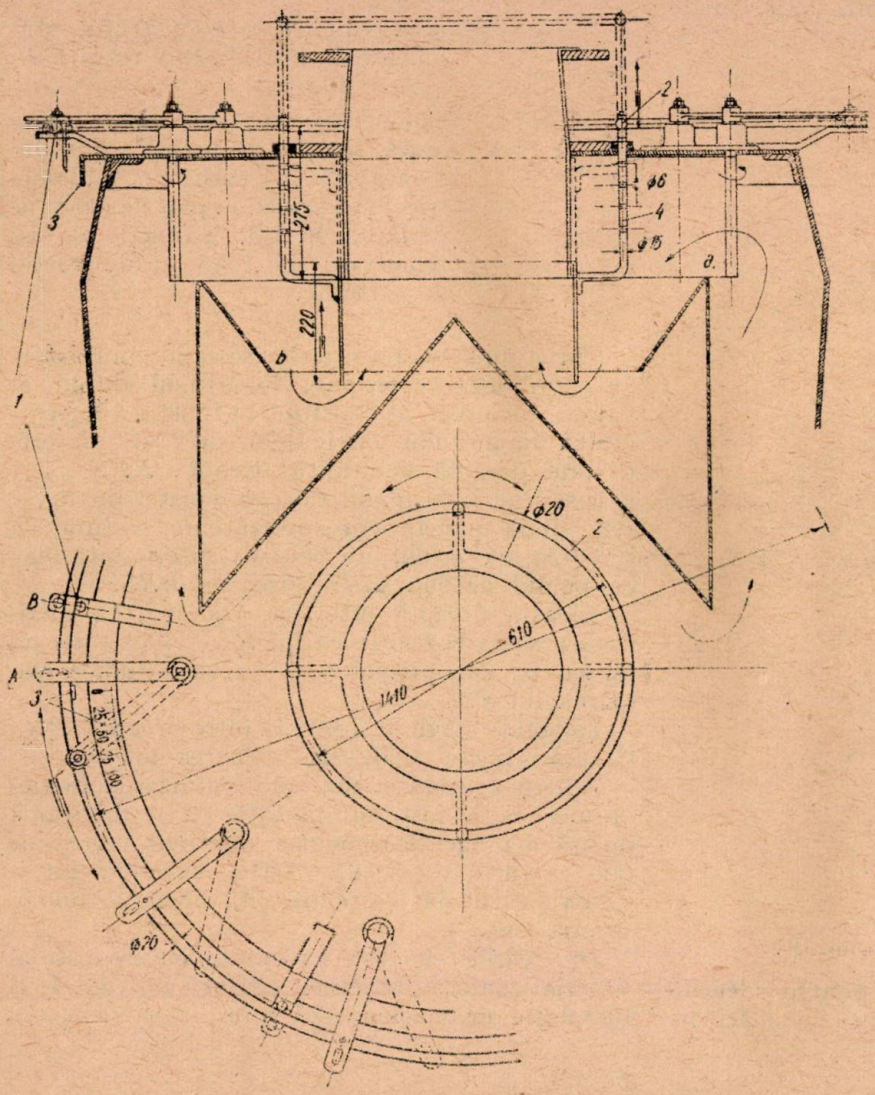


Fig. 1. Reglajul granulației la separatorii pentru praf de cărbune.

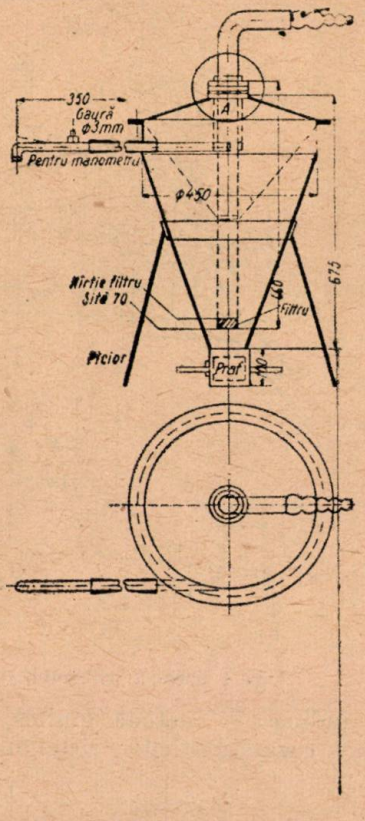


Fig. 2. Ciclon pentru luarea probelor de praf.

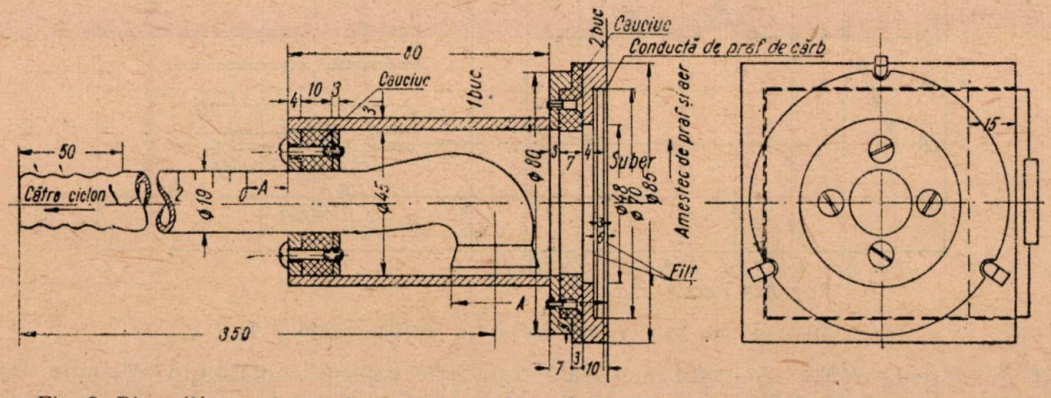


Fig. 3. Dispozitiv pentru prelevarea prizei de praf de cărbune la conducte cu suprapresiune.

Această metodă a fost deja descrisă în studiul : „Rolul granulației prafului de cărbune în funcționarea cazanelor cu praf de cărbune", apărut în revista „Energetica", nr. 2/1954 unde

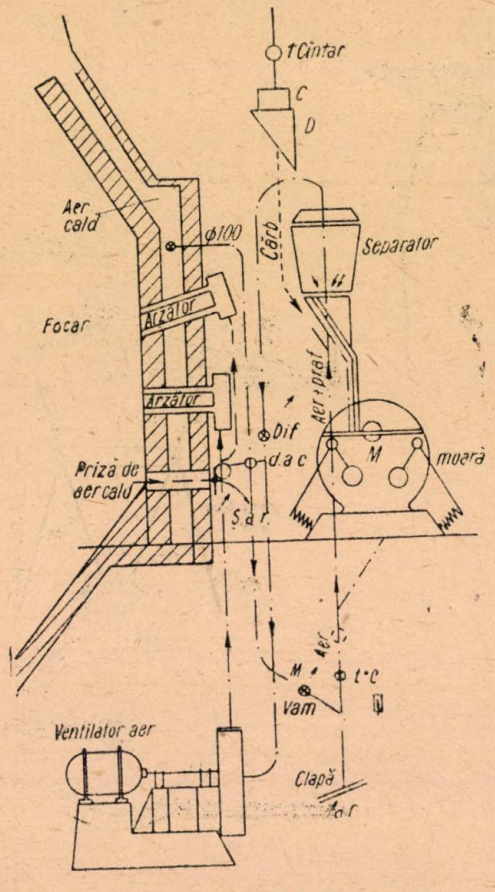


Fig. 4 Schema sistemului pneumatic.

s-a indicat o metodă grafică pentru identificarea caracteristicilor sistemului de măcinare cu ajutorul $a.z$ drepte RRS. Această metodă este bazată pe ecuația empirică Rosin-Rammler :

$$R_x = e^{-\left(\frac{x}{x'}\right)^n}$$

unde : R_x este rest la sita cu deschizătura x,

x — mărimea particulelor de praf respective,

x' — acea valoare a diametrului granulelor de praf, la care rezultă R, $R = 36{,}8\%$,

n — exponentul de repartizare care arată finețea structurii prafului (concavitatea curbei granulometrice) și variază la praf de cărbune de la 0,7 la 1,3, în funcție de sistemul de măcinare și de sortul de cărbune.

Din studiul sus amintit reiese că într-un sistem de coordonate carteziene, logaritmul dublu al valorii reciproce al restului, ca funcție a logaritmului diametrului particulelor de praf, descrie o linie dreaptă denumită dreapta RRS.

Inscriind în sistemul de coordonate din fig. 7 cele două puncte corespunzătoare restului la sita 020, cu ochiul de 200 μ respectiv sita 009, cu ochiul de 90μ găsim dreapta RRS.

Această dreaptă intersectează dreapta auxiliară trasată la înălțimea lui $R = 36{,}8\%$ într-un punct U, care proiectat pe abscisă indică valoarea lui x'.

Tangenta unghiului închis între dreapta RRS și axa abscisei definește valoarea lui n.

Pentru a ușura și mai mult utilizarea nomogramei ea a fost completată cu o diagramă polară a tangentelor pentru diferitele valori ale lui n (între 0,4—1,6). Astfel valoarea lui n pentru cazul dat se poate citi direct pe nomograma (fig. 7).

Incercările au fost executate cu aparatajul descris conform schemei arătate în fig. 4 la instalația de măcinare al unui cazan ieșit din

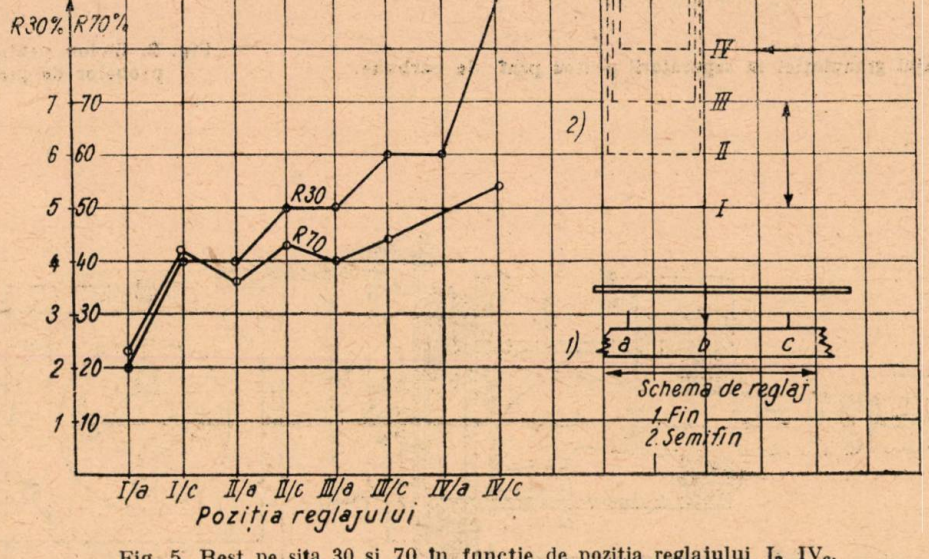


Fig. 5. Rest pe sita 30 și 70 în funcție de poziția reglajului I_a IV_c.

reparație capitală, utilizînd cărbune brun din bazinul Șorecani, bogat în volatile. Rezultatul încercărilor la diferitele poziții de reglaj, este arătat în tabela 1 și în fig. 5.

Tabela 1

Poziția reglajului		Greutatea probei	Rest pe sită R 30(020)		Rest pe sită R 70(009)	
		g	g	%	g	%
I	a	50	1	2	11,5	23
I	b	50	1,5	3	15,5	31
I	c	50	2	4	21	42
II	a	50	2	4	22	36
II	b	50	2,5	5	20	40
II	c	50	2,5	5	18	43
III	a	50	2,5	5	20	40
III	b	50	3	6	21	42
III	c	50	3	6	22	44
IV	a	200	11	6	104	41
IV	b	50	4	8	28	56
IV	c	50	4,5	9	20,5	54

Rest pe sită Nr. 30 S.T.A.S. Nr. 020 și Nr. 70 STAS Nr. 009 realizat la diferitele poziții ale reglajului separatorului pneumatic B.W.

Curbele granulometrice trasate pe baza acestor date (fig. 1) au fost analizate cu ajutorul

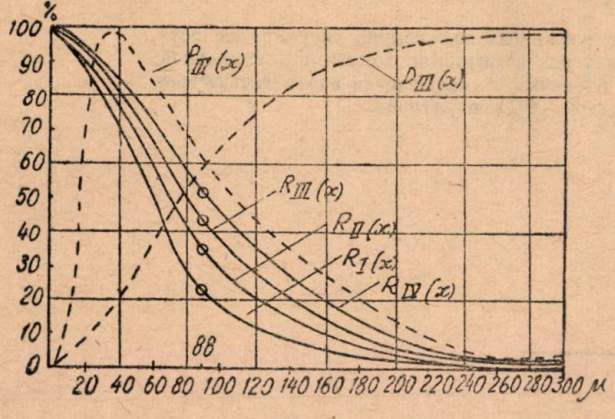


Fig. 6

ecuației Rosin-Rammler. Rezultatul analizei reiese din fig. 4 și anume că poziția de reglaj *III a* este pentru sortul de cărbune utilizat și la reglajul dat al ventilatoarelor, cea mai favorabilă. La această poziție de reglaj resturile pe sitele nr. 020 și 009 satisfac prescripțiile normei sovietice pentru cărbune brun bogat în volatile:

$$R_{020} = 8\%$$
$$R_{009} = 40\%$$

iar exponentul de repartizare n, găsit cu ajutorul dreptei *RRS* (fig. 4), este de circa 1,3 valoarea acceptată de autori pentru cărbune brun. La această cifră, consumul de energie electrică a morilor este minimal, la o granulație satisfăcătoare.

Trebuie să mai luăm în considerare faptul că conform legii lui Rittinger energia consumată pentru măcinare este proporțională cu suprafața rezultantă

$$E_{măcin} = H_{max} \cdot S$$

unde: E este energia kWh/t;
S — creșterea de suprafață a particulelor în urma procesului de măcinare considerat, în m^2/kg;
H — o caracteristică obiectivă a rezistenței la măcinare a cărbunelui, *a.z* coeficient de duritate.

Aceasta înseamnă că pentru a reduce consumul de energie trebuie să căutăm să ridicăm exponentul de repartizare al sistemului de măcinare (n).

Știind că la un cărbune brun bogat în volatile, aprinderea nu prea cauzează greutăți, se va lăsa ca n să crească la o valoare apropiată de valoarea maximă admisibilă de 1,5 sau cu alte cuvinte în cazul de față se va alege o poziție de reglaj, la care dreapta *RRS* să aibă o alură cît mai ascendentă, la o valoare acceptabilă a lui R_{009} (v. fig. 4).

Experiența bogată a Uniunii Sovietice arată că valoarea aceasta trebuie să nu întrecă cu mult conținutul în volatile a cărbunelui utilizat.

Dat fiind faptul că la centralele cu praf de cărbune consumul de energie electrică pentru măcinarea combustibilului este una din componentele principale a consumului pentru serviciile auxiliare (de la 2—3% din producția de energie electrică), o îmbunătățire al acestui consum poate produce economii serioase. Economia de funcționare a instalațiilor de măcinat cărbune, se apreciază de obicei după consumul specific de energie electrică pe t nat. de cărbune trecut prin moară. O reducere a con-

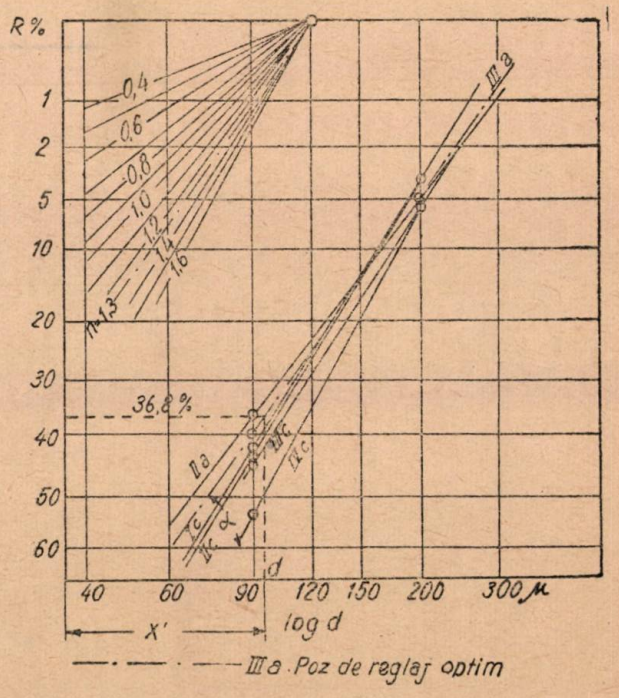


Fig. 7. Stabilirea caracteristicelor sistemului de măcinare n și x', la diferitele poziții de reglaj, cu ajutorul dreptei RRS.

sumului de energie cu 5% ar însemna în cazul nostru o economie de 1 kWh/t comb. nat.

Avînd în vedere influenţa mare a structurii granulometrice a combustibilului atît asupra randamentului cazanelor, cît şi a consumului de energie electrică a instalaţiilor auxiliare, trebuie ca fiecare centrală electrică cu praf de cărbune să se conformeze instrucţiunilor în vigoare realizînd printr-un control granulometric regulat a prafului de cărbune, o bună reglare a instalaţiei lor de măcinare.

Bibliografie

Lebedev N. A.: Prepararea prafului de cărbune la centralele electrice. Gosenergoizdat Moscova 1949.

Gorşcov A. S.: Indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice. Traducere din limba rusă, Editura Energitică de Stat Bucureşti, 1953.

Rammler E. si Glockner E.: Aspecte noi în valorificarea analizelor glanulometrice în reţeaua granulometrică după Rossin-Rammler-Bennet. Din Tehnic 1952 nr. 9 pag. 555.

Rammler E.: In privinţa garantării fineţei de măcinare la mori de cărbune. Energietehnic, 1952 nr. 8 pag. 232.

Szöke Gy.: Separarea granulelor la morile de cărbune şi deducţiile care se pot face. Magyar Energiegazdasag, 1953, nr. 8 pag. 259.

Hercz G.: Rolul granulaţiei prafului de cărbune în funcţionarea cazanelor cu praf de cărbune. Energetica nr. 2 1954, pag. 65.

★

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ РЕГУЛИРОВКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ УГЛЕРАЗМОЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ НА ОДНОЙ ТЭС

Р е з ю м е

На основании результатов измерений при различных положениях регулировки осуществленного приспособления, выводятся практические заключения в связи с оптимальной тонкостью помола бурых углей Шореканьского бассейна и указывается соответствующее положение регулировки для существующих на одной ТЭС сепараторов.

Tarifarea energiei electrice în R. P. R.

Ing. G. PANAITESCU

Apariția H.C.M. 188/1955 referitoare la tarifele pentru energia electrică, Hotărîrile Consiliului de Miniștri nr. 2578/952 și 538/954 asupra raționalizării consumului de energie, precum și acțiunea de repartizare a energiei electrice ca produs dirijat prin Planul de Stat și introducerea normelor de consum de energie electrică a determinat articolul de față. Scopul este de a lămuri problema tarifului pentru energia electrică, legată de prețul de cost al producției de energie electrică și a da un ajutor tehnic inginerilor și tehnicienilor din toate ramurile industriale care utilizează energia electrică în procesul de producție.

Noțiuni generale despre tarife și preț de cost. Necesitatea stabilirii unui tarif rațional, pentru energia electrică, s-a simțit odată cu începutul distribuției de energie electrică, formînd obiectul unei literaturi destul de bogate, în decursul timpului. Problema stabilirii tarifelor de vînzare pentru energia electrică este însă mai complicată decît în alte domenii, deoarece — după cum vom vedea în cele arătate mai jos — intervin anumiți factori ,care le imprimă un aspect special.

Tariful este mai mult decît un preț, este un sistem de prețuri, sub care se face vînzarea unei mărfi, vînzare supusă unor anumite condiții.

Energia electrică din punct de vedere comercial este asemănătoare unei mărfi, deoarece este un produs supus schimbului și are faze similare oricărei mărfi (se produce, se transportă și se vinde).

Avînd aceste caracteristici de marfă, prețul de cost pentru producere se compune — în esență din 2 părți, ca la orice marfă și anume :

— o parte fixă independentă de cantitatea de energie electrică produsă ;

— o parte variabilă — proporțională cu cantitatea de energie electrică produsă.

Prețul de cost pentru producere fiind format din 2 termeni, se spune că prețul de cost are o structură binomă.

Deși, din punct de vedere comercial, energia electrică este o marfă, totuși are anumite particularități, care o deosebesc esențial de alte produse și anume :

a) Distribuția energiei electrice se face la locul de consum — printr-o rețea de distribuție nereductibilă — ceea ce conduce la o valoare fixă, independentă de cantitatea transportată.

b) Necesită investiții mari în centralele electrice, deoarece unitățile trebuie să intre în funcțiune în raport cu cererea consumatorilor.

c) Legătură quasi-instantanee între producție și consum, în timp ce în cazul altor produse operația de producere este independentă de operația de vînzare.

Deci se observă că trebuie să existe o legătură strînsă între prețul de cost de producere și prețul de vînzare al energiei electrice. Prețul de vînzare ar trebui în mod rațional să aibă aceeași structură similară, binomă, ca și prețul de cost, termenul fix al tarifului (respectiv taxa fixă lei/kW și an sau lei/kVA și an) reprezentînd cota parte cu care consumatorul de energie electrică participă la cheltuielile fixe ale întreprinderii, iar prețul de energie să acopere cheltuielile variabile pentru producerea unui kWh, inclusiv beneficiul și impozitul legal.

Cererea de energie electrică variază dintr-un moment într-altul, din minut în minut, din oră, în oră, din zi în zi, din lună în lună etc., iar producția energiei electrice este nevoită să urmeze cererea consumatorilor, cerere care se poate reprezenta prin diagrame (curbe de sarcini reprezentînd puteri în funcție de timp). Astfel, o curbă de sarcină zilnică, pentru o aglomerație avînd și industrie și utilizări de luminat, se prezintă în general cu 2 valori maxime numite vîrfuri în 24 ore — și cu 2 valori minime (goluri). In general, unul din maxime apare dimineața cînd începe activitatea în toate domeniile și unul seara, cînd intervin cererile pentru luminatul de toate categoriile (locuințe, birouri, magazine, teatre, luminatul străzilor etc). Minimele apar, odată cam la amiază, cînd se suspendă sau se reduce activitatea în timpul orelor de masă și, unul foarte accentuat, în cursul nopții, cînd cele mai multe dintre activități sînt sistate.

O astfel de curbă de sarcină (pentru o zi de iarnă) se prezintă ca în fig. 1. Pentru înțelegerea aplicării tarifelor, prezentăm și o analiză a acestei curbe, arătînd participarea diferitelor categorii de consumatori la curba rezultantă prezentată.

De menționat că vîrfurile, variază și ca durată și ca mărime și după anotimp, fiind mai mari, în general, în lunile decembrie, ianuarie.

Durata vîrfurilor este de cîteva ore din zi, din cele 24 ore, pentru care timp este necesar să se instaleze în centrale grupuri electrogene, care să satisfacă aceste cereri de putere și în același timp să se asigure ca rețeaua de transport și distribuție să aibă o capacitate corespunzătoare pentru puterile maxime solicitate.

Rezultă, deci, că durata de utilizare a unor echipamente din centrale și rețele electrice este foarte mică, ceea ce micșorează mult rentabilitatea întreprinderilor producătoare și distribuitoare de energie electrică. Din cele arătate mai sus, reiese că într-o repartiție ideală a cheltuielilor de exploatare la cantitatea de energie

produsă (respectiv stabilirea unui preţ de cost ideal) anumite cantităţi de energie electrică (kWh) vor costa mai mult, iar altele mai puţin, după condiţiile şi timpul în care unitatea de energie electrică a fost produsă. Deci stabilirea raţională a preţului de cost este extrem de anevoioasă.

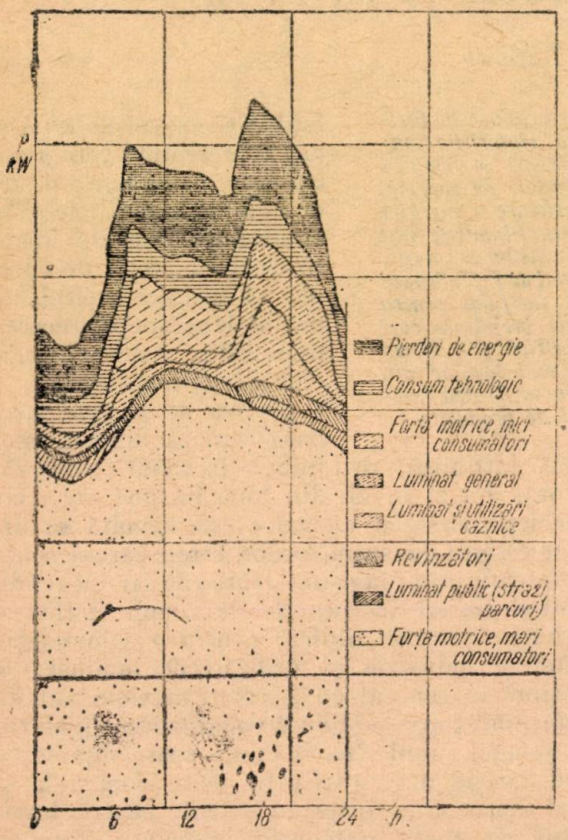


Fig. 1. Analiza curbei de sarcină. (zi de iarnă).

Aceeaşi problemă se pune şi pentru stabilirea unui tarif, raţional, care pe de o parte, trebuie să satisfacă pe producător şi pe consumator şi pe de altă parte, să fie cît mai înţeles de consumator, condiţii care nu pot totdeauna să fie îndeplinite. Tarifele pentru energie electrică aplicate satisfac — în general — un număr redus de condiţii şi din acest motiv, există un număr mare de tarife, fiecare satisfăcînd un număr oarecare de condiţii apreciate ca mai importante (într-o anumită situaţie).

Pentru a se ajunge la stabilirea unui tarif raţional pentru energia electrică, este necesar să se cunoască preţul de cost al unităţii de energie electrică produsă (kWh), care este în funcţie de cheltuielile curente ale întreprinderii. Aceste cheltuieli variază cu o mulţime de factori. Totuşi, în general, se disting două grupe, după modul cum ele sînt influenţate de consumaţia energiei electrice.

Astfel cele 2 grupe sînt :

a) Cheltuieli directe de producţie sau variabile (proporţionale) cum ar fi :

— combustibilul ;
— uleiul ;
— chimicale pentru tratarea apei ;
— apa de răcire şi adaos, etc.

Aceste costuri într-o anumită măsură variază şi cu momentul şi durata consumaţiei, a căror influenţe însă — se presupun a fi neglijabile ;

b) Cheltueli indirecte sau fixe (neproporţionale) :

— reparaţii curente, planificate şi accidentele ;
— amortismente ;
— salariile personalului de conducere şi exploatare ;
— cheltuieli pentru predarea energiei.

Studiul cheltuielilor întreprinderii şi variaţia lor cu diferiţii factori, conduce la evaluarea preţului mediu de cost, adăugîndu-i-se acestuia impozitul de circulaţia produselor şi beneficiul legal, se determină preţul mediu de vînzare.

Preţul de cost mediu nu este un criteriu just din punct de vedere ştiinţific pentru stabilirea tarifului, el poate fi luat în considerare numai ca termen de comparaţie.

Preţul de cost real diferă însă pe fiecare centrală şi pe fiecare categorie de consumatori şi la fiecare loc de consum, în funcţie de orele de utilizare, şi reprezentat grafic are forma unei iperbole. Deci faţă de variabilele arătate mai sus, ne aflăm în faţa unei întregi serii de curbe ale preţului de cost, de care ar trebui să se ţină seama la stabilirea tarifului pentru energia electrică pe fiecare loc de consum, pe fiecare categorie de consumatori etc. ceea ce practic este aproape imposibil.

Gruparea şi descrierea tarifelor pentru energia electrică

Din tarifele pentru energia electrică practicate în general, se deosebesc următoarele grupe :

1. *Tarife globale sau forfetare* care se prezintă fie sub forma unei taxe fixe pentru fiecare receptor sau pentru o instalaţie întreagă pe lună sau pe an, fie calculînd energia pe bază de putere instalată şi ore de utilizare fixate lunar, anual etc. Aceste tarife au multe inconveniente, atît pentru producătorii de energie electrică, cît şi pentru consumatorii de energie electrică de toate categoriile.

2. *Tarife după contor* : In cea mai simplă expresie aceste tarife sînt caracterizate prin formula :

$$C = p \cdot E$$

în care :

p este tariful pentru energie electrică lei/kWh,
E — consumaţia anuală în kWh,
C — valoarea consumaţiei anuale lei,

cum :

$$E = P \cdot t$$

în care P — puterea kW şi t — timpul ore. Pentru o putere de 1 kW $C_1 = p \cdot t$, deci C_1 reprezintă şi preţul unui kW/an.

Acest tarif nu este raţional căci nu ţine seama de momentul consumaţiei şi durată.

In alte cazuri, tarifele după contor se pot prezenta :

a) Cu reducere bazată pe epoca cînd are loc consumaţia :

In lunile de iarnă octombrie — martie, de exemplu: 0,90 lei/kWh.

In lunile de vară aprilie—septembrie de, exemplu: 0,75 lei/kWh.

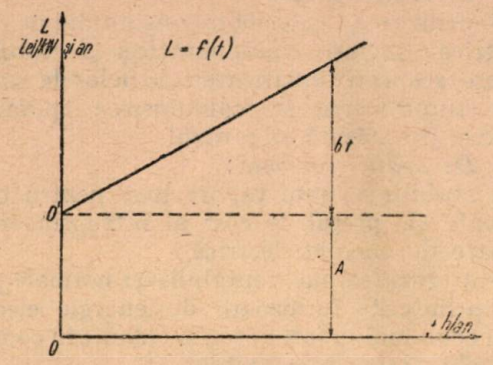


Fig. 2. Costul energiei în funcție de orele de utilizare (Tarif binom).

b) Cu reducere bazată pe intervalul din ziua, cînd are loc consumația:

— consumație de zi (7-22) p_1 lei/kWh

— consumația de noapte (22-7) p_2 lei/kWh în care: $p_2 < p_1$.

c) Cu reducere luînd în considerare mai mulți factori;

— consumație totală și durata de consumație, cu o scară bazată pe natura aparelor de utilizare;

— consumație totală și importanța puterii instalate.

In general pentru asemenea tarife sînt necesare contoare speciale, care în afară că reprezintă investiții mari, comportă și o supraveghere specială.

3. *Tarif cu taxa fixă și contor.* Acest tarif, constă din plata unei taxe fixe proporționale cu puterea racordată sau instalată sau cu puterea maximă absorbită și cu preț pentru energia electrică înregistrată de contor.

Formula acestui tarif de formă binomă este următoarea;

$$L = A + bt \qquad (1)$$

în care:

A este taxa fixă pe kW și an,

L seste valoarea totală anuală lei,

t — timpul în ore.

b— prețul de energie,

care reprezintă prețul unui kW/an

L lei/kW și an = A lei/kW și an + b lei/kWh × ore/an și din care deducem:

$$p = \frac{L}{t} = \frac{A}{t} + b \qquad (2)$$

adică prețul mediu în lei/kWh.

Reprezentînd grafic relația (1) adică $L = f(t)$ se obține diagrama din fig. 2, iar dacă se reprezintă grafic ralația (2) $p = \varphi(t)$, se obține diagrama din fig. 3.

Curba p în funcție de t este o iperbolă echilaterală cu o ramură asimptotică la axa ordonatelor, iar cu cealaltă la o dreaptă paralelă cu axa absciselor avînd ordonata $-b$.

Din reprezentarea grafică, rezultă că energia electrică consumată cu ore de utilizare mici a puterii absorbite va fi plătită cu prețuri medii foarte mari; în schimb prin mărirea duratei

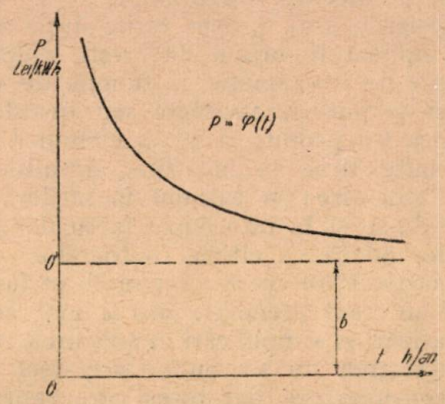


Fig. 3. Costul specific al energiei (Tarif binom).

de utilizare a puterii absorbite se obțin prețuri medii scăzute, tinzînd asimptotic la prețul energiei (*b*) ceea ce înseamnă micșorarea puterii maxime.

Tarifele pentru energie electrică în R.P.R.

A. **Situația tarifării energiei electrice active pînă la 31 decembrie** 1954. In urma actului de naționalizare a industriei din 11 iunie 1948, centralele și rețelele electrice, aparținînd diferitelor societăți particulare, au trecut în patrimoniul statului.

Prin faptul că aceste centrale au aparținut diferitelor societăți, sistemul tarifar pentru energia electrică era foarte diferit — după anumite interese locale ale concesionarului. Astfel, se practicau numai la întreprinderile naționalizate cîteva sute de tarife diferite, în afara întreprinderilor comunale locale care de asemenea aveau un număr mare de tarife diferite. In afară de tarifele practicate pentru energia electrică se mai încasau de la consumatori diferite taxe sau indemnizații de serviciu (citirea contorilor, facturare etc.) la care se mai adăugau și impozitele respective.

Intreprinderile de electricitate naționalizate au fost făcute sub conducerea și îndrumarea Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice (M.E.E.I.E.).

Situația, în ceea ce privește tarifarea energiei electrice, fiind cea arătată, în anul 1950, M.E.E.I.E. a făcut un prim pas pentru a pune capăt situației moștenite, care reprezenta un haos în această materie.

Astfel, în primul rînd s-au clasificat consumatorii pe categorii, stabilindu-se un sistem general, după cum urmează:

— luminatul general;

— luminat și utilizări casnice;

— luminat public;

— forță motrică;

— forță motrică mari consumatori și;

— revînzători.

In al doilea rînd s-a propus în cadrul fiecărei întreprinderi de electricitate să se aplice aceleaşi tipuri de tarife, diferind numai prin valorile absolute şi ţinînd seama de acoperirea preţului de cost pe fiecare întreprindere.

In general, s-au propus tarife după sistemul tarifar aplicat în oraşul Bucureşti, adică tarife pe trepte de consumaţie, în funcţie de orele de utilizare a puterii absorbite sau instalate. De asemenea s-a propus că să se introducă în tarif şi celelalte taxe şi impozite, simplificîndu-se astfel întocmirea şi calculul facturilor şi apoi ajungîndu-se şi la întocmirea facturilor şi încasarea lor odată cu citirea contoarelor.

In martie 1950 aceste propuneri au fost aprobate şi au creat premizele unei şi mai complete sistematizări şi simplificări în aplicarea tarifelor. Sistematizarea nu s-a putut face decît pentru micii consumatori, dar totuşi care reprezentau circa 99% din numărul total al consumatorilor. Pentru marii consumatori, care ca număr nu depăşesc 1% dar care reprezintă circa 80% din consumul total de energie, s-a menţinut situaţia existentă în continuare, nefiind create toate condiţiile pentru o sistematizare.

In anii 1950—1951—după această primă sistematizare obţinută —intrînd în cadrul MEEIE şi alte întreprinderi de electricitate, din nou au apărut tarife pentru energie electrică, care se deosebeau de cele practicate de întreprinderile regionale de electricitate.

In anul 1953, în urma reorganizării întreprinderilor energetice încadrate în MEEIE, prin înfiinţarea energotrusturilor (ET) şi energocombinatelor (EC) sistematizarea şi unificarea făcută nu a mai fost eficace rezultînd în cadrul aceluiaşi ET sau EC, pentru aceiaşi categorie de consumatori, în condiţii de consumaţie identice, tarife diferite, lucru care nu putea avea nici o justificare. De asemenea, pentru energia reactivă tarifele difereau, dar de la martie 1950 se reuşise a se face unificarea la tariful de 0,075 lei/kVARh, pentru energia electrică consumată cu un factor de putere sub 0,7.

Aceste tarife neavînd la bază criteriul ştiinţific (al preţului de cost), conduceau la rezultate imposibile, ajungînd unii consumatori să plătească energia electrică cu preţuri medii mult mai mici decît preţul de cost respectiv, al întreprinderii furnizoare.

In octombrie 1953, în urma rezoluţiei C.C. al P.M.R., referitoare la ridicarea nivelului de trai al oamenilor muncii s-a redus tariful pentru iluminat şi utilizări casnice cu circa 30% stabilindu-se un preţ unic 0,60 lei kWh, valabil şi pentru unităţile de exploatare ale Sfaturilor Populare. Aceasta a fost o nouă etapă în sistematizarea şi unificarea tarifelor pentru energia electrică în urma încadrării şi unităţilor Sfaturilor Populare.

Faţă de această situaţie, avînd în vedere şi experienţa URSS — Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice a studiat posibilitatea realizării întregului sistem tarifar şi a făcut propuneri pentru noi tarife de energie electrică.

Scopurile urmărite prin propunerile făcute au fost :

1. *De ordin tehnic* :

a) utilizarea raţională a consumului de energie electrică (inclusiv îmbunătăţirea factorului de putere, respectiv aplatizarea curbelor de sarcină) ;

b) simplificarea şi economisirea aparatajului electric de măsură şi control

2. *De ordin economic* :

a) stabilirea unui raport just pentru tarifele aplicate şi preţul de cost al întreprinderii furnizoare de energie electrică ;

b) asigurarea unei rentabilităţi normale pentru întreprinderile furnizoare de energie electrică ;

c) economii în formulare şi calcule în compartimentele financiar-contabile.

B. **Situaţia tarifării energiei electrice active după 1 ianuarie** 1955. Apreciindu-se importanţa sistematizării şi unificării tarifelor de energie electrică, Consiliul de Miniştri a aprobat de la 1 ianuarie 1955 noile tarife pentru energia electrică. Prin această hotărîre, tarifele pentru cîteva categorii de consumatori au fost unificate pe ţară, indiferent de cine este tutelată întreprinderea furnizoare, aşa după cum vom vedea mai jos.

Astfel, prin această hotărîre se prevede aplicarea a două categorii de tarife :

1. *Tarife unice pe ţară* pentru :

— luminat şi utilizări casnice : 0,60 lei/kWh
— luminat public : 0,90 lei/kWh
— luminat general : 1,10 lei/kWh
— utilizări de forţă în agricultură : 0,35 lei/kWh
— revînzători de energie electrică : 0,35 lei/kWh (fără impozit).

In tariful pentru luminat public se include şi costul întreţinerii acestui luminat de către întreprinderile furnizoare de energie electrică.

2. *Tarife pentru alte utilizări la întreprinderile furnizoare, tutelate de* MEEIE.

— tarife forţa motrică mici consumatori
— ,, ,, ,, mari consumatori

Tarifele din prima categorie sînt tarife cu preţ unic (monom) pentru mici consumatori de forţă motrică adică pînă la 50 kVA putere racordată sau 50 kW putere absorbită.

Tarifele din categoria două sînt : cu 2 preţuri (binome), pentru marii consumatori (peste 50 kVA sau 50 kW).

Acest tarif constă din : o taxă anuală de putere în lei/kVA şi an sau lei/kW şi an şi un preţ de energie :

b_1 lei/kWh cînd măsura se face pe partea de înaltă tensiune sau

b_2 lei/kWh se face pe partea de joasă tensiune ($b_2 > b_1$).

Taxa fixă se aplică la kW putere maxim absorbit, măsurat cu aparate înregistratoare, sau contoare cu indicatori de maximum cu perioadă de înregistrare de 15 minute.

Taxa fixă se aplică la kVA, atunci cînd în lipsa posibilităţilor tehnice de măsură a puterii maxime se ia în calcul, sau puterea racordată,

sau puterea nstalată. Valorile taxei fixe în lei/kVA sînt mai mici decît valorile taxei fixe în lei/kW absorbit deoarece s-a ţinut seama de factorul de putere şi factorul de simultaneitate.

Valorile taxei fixe şi a preţurilor de energie variază pe fiecare energotrust sau energocombinat în parte.

Astfel, prin aplicarea dispoziţiilor legale se face un pas şi mai departe în sistematizarea şi unificarea sistemului tarifar.

Ceea ce este foarte important este, însă, că de această dată s-au stabilit criterii juste, în fixarea

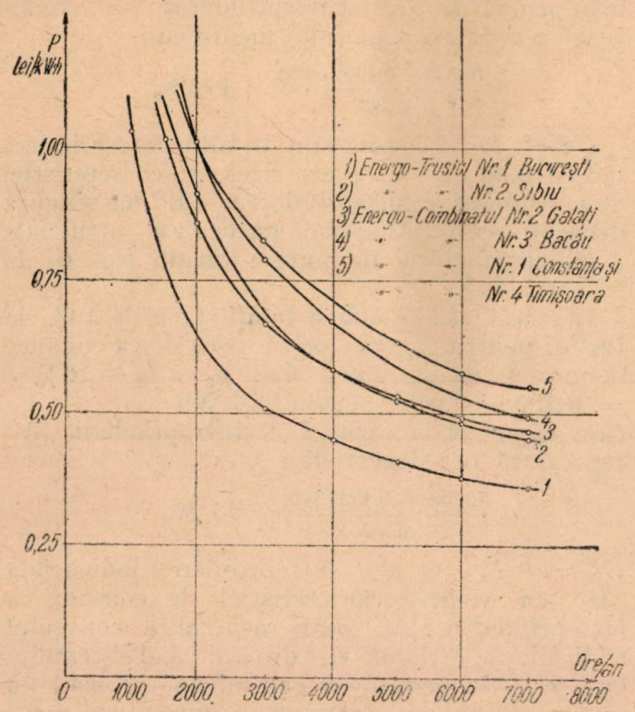


Fig. 4. Tarif binom pentru marii consumatori industriali Variaţia preţului mediu în funcţie de orele de utilizare anuale pe ET şi EC.

tarifelor şi în special se aplică tariful binom la marii consumatori industriali, tarif care măreşte preţul de cost al producţiei de energie electrică şi deci are un caracter ştiinţific. Astfel, atît taxa fixă cît şi preţul energiei vor varia după costurile realizate de fiecare energotrust şi energocombinat pentru producerea energiei electrice.

Luînd ca bază Energo-Trustul nr. 1 Bucureşti (100%) la celelalte ET şi EC taxa fixă variază între 132—195%, iar preţul de energie între 108—131%.

Variaţia preţului mediu rezultat pe ET şi EC pentru marii consumatori industriali, faţă de numărul de ore de utilizare anual al puterii maxime, se vede în fig. 4.

In afară de valorile pentru tarifele de energie electrică şi de bonificările şi penalizările ce se aplică la valoarea energiei active pentru factorul de putere mediu, se mai prevăd şi penalizări pentru depăşiri ale puterii maxime contractate cu peste 5% penalizîndu-se aceste diferenţe cu de 5 ori valoarea taxei fixe.

Această penalizare are drept scop ca întreprinderile consumatoare să urmărească cu atenţie puterile maxime cu care absorb energia electrică din reţea.

Prin aplicarea acestor tarife, unii consumatori industriali vor avea deosebiri în rezultatele obţinute în 1955, faţă de preţul mediu rezultat în 1954, aceasta datorită faptului că tarifele practicate pînă la 31 decembrie 1954, nu aveau o bază ştiinţifică. Anumite sporuri eventual apărute la unele întreprinderi, vor fi mobilizatoare în sensul că acestea vor căuta ca prin scăderea puterii maxime absorbite şi implicit printr-o creştere a orelor de utilizare să ajungă la un nivel corespunzător al preţului mediu avut anterior.

Totodată prin reducerile prevăzute asupra taxei fixe, la consumatorii numai de noapte (reducerea 50%) sau la consumatorii, care în timpul orelor de vîrf, reduc puterea absorbită sub 50% din puterea absorbită în schimbul 1 (reducere 25%), consumatorii industriali vor fi stimulaţi de a studia posibilitatea modificării programelor de lucru şi a modificării condiţiilor de utilizare a energiei electrice.

C. **Situaţia tarifării energiei reactive.** Prin dispoziţiile legale în vigoare se cere ca factorul mediu de putere lunar al consumatorilor industriali să aibă valoarea minimum 0,75.

In ceea ce priveşte, energia reactivă, pînă la 31 decembrie 1954 se aplica cîte 0,075 lei kVARh numai pentru kVARh ce depăşeau lunar numărul de kWh din luna respectivă, adică se admitea un factor mediu de putere de circa 0,7.

Prin aplicarea noilor dispoziţiuni tarifarea energiei electrice ia un aspect nou, al unei penalizări, pentru cei ce consumă energia electrică cu un factor de putere mediu sub 0,75 şi bonificări pentru cei cu un factor de putere mediu de peste 0,75.

Astfel, consumatorii care vor avea un factor de putere mai bun, vor beneficia de o reducere asupra tarifului de energie activă spre exemplu :

Factor de putere mediu	Reducere %
0,85	— 7,5
0,90	— 10
0,95	— 12,5

Pentru cei care au un factor de putere mai mic, se penalizează prin aplicarea unui spor la tariful energiei active ca de exemplu :

Factor de putere mediu	Penalizare %
0,65	+ 20
0,55	+ 50
0,45	+ 80
0,35	+ 110

pentru valori intermediare ale factorului de putere reducerile sau penalizările se interpolează liniar.

Prin această acţiune consumatorii industriali vor fi stimulaţi de a se preocupa intens pentru îmbunătăţirea factorului de putere ceea ce va reprezenta o economie, o reducere a preţului de cost pentru întreprinderile consumatoare şi

în acelaşi timp o micşorare a pierderilor de energie în reţelele electrice creind astfel şi disponibilităţi de putere.

Aplicaţii numerice

Pentru concretizarea celor expuse mai sus, vom da cîteva exemple, pentru a se putea urmări felul cum acţionează tariful binom asupra consumatorilor industriali. Astfel vom lua în considerare cîteva cazuri pentru consumatori industriali cu acelaşi consum de energie anual.

Cazul I. Să considerăm o întreprindere inindustrială „A" alimentată cu energie electrică din sistemul electric al Energotrustului nr. 2 Sibiu care ar avea următoarele caracteristici de consum :

a) puterea maximă absorbită : 600 kW
b) consumaţie anuală : 2 400 000 kWh
c) utilizare anuală a puterii maxime

$$\frac{2\ 400\ 000\ \text{kWh}}{600\ \text{kW}} = 4\ 000\ \text{ore/an.}$$

d) factor de putere : $\cos \varphi = 0{,}75$
e) măsurarea energiei electrice se face pe partea de înaltă tensiune.

Conform tarifului, întrerprinderea consumatoare „A" va plăti :

— o taxă fixă de 1 260 lei/kW/an şi un preţ de energie de 0,27 lei/kWh.

Faţă de consumaţia anuală realizată de 2 400000 kWh şi 4 000 ore de utilizare a puterii maxime de 600 kW, anual întreprinderea „A" va avea o cheltuială de :

1 260 lei/kW/an × 600 kW = 756 000 lei/an
2 400 000 kWh/an × 0,27 lei/kWh = 648 000 lei/an
Total 1 404 000 lei/an

sau ceea ce reprezintă un preţ mediu de :

$$\frac{1\ 404\ 000\ \text{lei/an}}{2\ 400\ 000\ \text{lei kWh/an}} = 0{,}585\ \text{lei/kWh.}$$

Acest preţ mediu se putea deduce şi direct, calculînd după formula :

$$p_i = \frac{A}{t} + b_1'$$

în care :

p_i este preţul mediu lei/kWh ;
A — taxa fixă lei/kW/an ;
t — ore utilizare pe an ;
b_i' — preţ lei/kWh

adică :

$$p_i = \frac{1\ 260\ \text{lei/kW/an}}{4\ 000\ \text{ore/an}} + 0{,}27\ \text{lei/kWh} = 0{,}585\ \text{lei/kWh.}$$

In exemplele următoare, vom folosi pentru simplificarea calculelor numai această formulă.

Cazul II. Considerăm o altă întreprindere „B", alimentată din acelaş sistem electric ca şi întreprinderea „A', avînd următoarele caracteristici :

a) putere maximă absorbită : 400 kW
b) consumaţie anuală : 2 400 000 kWh
c) utilizare anuală a puterii maxime :

$$\frac{2\ 400\ 000\ \text{kWh/an}}{4\ 000\ \text{kW}} = 6\ 000\ \text{ore/an}$$

d) factor de putere : $\cos \varphi = 0{,}75$
e) măsurarea energiei electrice se face pe partea de înaltă tensiune.

Preţul mediu anual în lei/kWh, revine la acest consumator de :

$$p_2 = \frac{1\ 260\ \text{lei/kW/an}}{6\ 000\ \text{ore/an}} + 0{,}27\ \text{lei/kWh} = 0{,}480\ \text{lei/kWh.}$$

Observăm că datorită raţionalizării consumului de energie electrică prin micşorarea puterii maxime absorbite şi deci mărirea orelor de utilizare anual (pentru o aceeaşi consumaţie ca şi întreprinderea „A", întreprinderea „B" realizează o reducere a preţului mediu cu :

$$\frac{(0{,}585 - 0{,}480) \cdot 100}{0{,}585} = 17{,}9\%.$$

Cazul III. Considerăm o altă întreprindere industrială „C" care are aceleaşi caracteristici de consum ca şi întreprinderea „B", cu singura deosebire că prin mijloace naturale şi artificiale a ridicat factorul de putere mediu ($\cos \varphi$) la valoarea 0,9.

In acest caz se aplică bonificarea de 10% la tariful pentru energie activă, ceea ce va conduce la un preţ mediu anual de : $p_3 = p_2 - 10\% = 0{,}480 - 0{,}048 = 0{,}432$ lei/kWh
care raportat la cazul I al întreprinderii „A" reprezintă o reducere de :

$$\frac{(0{,}585 - 0{,}432)\ 100}{0{,}585} = 26{,}2\%.$$

Cazul IV. O altă întreprindere industrială „D" cu aceleaşi caracteristici de consum ca întreprinderea „A" şi-ar raţionaliza consumul ca în timpul orelor de vîrf de sarcină al sistemului energetic (în perioada 1 octombrie — 1 mai) nu ar absorbi energia electrică cu putere mai mare ca 50% din puterea maximă absorbită (respectiv 300 kW faţă de 600 kW în afara orelor de de vîrf de sarcină) atunci va obţine o reducere a taxei fixe cu 25% iar preţul mediu va reveni la :

$$p_4 = \frac{1\ 260 - 25\%}{4\ 000} + 0{,}27 = 0{,}516\ \text{lei/kWh}$$

sau raportînd la preţul mediu al întreprinderii „A" rezultă reducerea procentuală de :

$$\frac{(0{,}585 - 0{,}516)\ 100}{0{,}585} = 11{,}8\%$$

Întreprinderea	Puterea absorbită kW	Energie consumată kWh/an	Ore de utilizare ore/an	Preţ mediu realizat lei kW/h	Reducere % faţă de „A"	Observaţii
A	600	2 400 000	4 000	0,585	—	$\cos \varphi = 0{,}75$
B	400	2 400 000	6 000	0,480	17,9	$\cos \varphi = 0{,}75$
C	400	2 400 000	6 000	0,432	26,2	$\cos \varphi = 0{,}90$
D	600	2 400 000	4 000	0,516	11,8	$\cos \varphi = 0{,}75$ nu consumă la vîrf decît cu 50% din puterea maximă

Din exemplele arătate mai sus, se poate observa că pentru o aceeaşi cantitate de energie consumată (deci implicit pentru aceeaşi producţie industrială) preţul mediu anual diferă cu valori foarte mari, aceste variaţii fiind în funcţie de caracteristicile de consum. Aşa fiind, dacă aceiaşi cantitate de energie electrică este absorbită cu o putere redusă, deci prin mărirea numărului orelor de utilizare anual pe de o parte şi pe de altă parte, are şi un factor de putere mai bun, aceasta conduce la reducerea preţului mediu al energiei electrice şi deci la preţul de cost al produsului industrial respectiv. Totodată, un asemenea consum de energie electrică contribuie efectiv la îmbunătăţirea curbelor de sarcină a sistemului energetic respectiv cu toate consecinţele tehnice şi economice despre care s-a vorbit.

Deci aplicaţia tarifului binom care are drept criteriu principal preţul de cost al producerii energiei electrice, este o acţiune justă pe o bază ştiinţifică, acestea satisfăcînd interesele atît ale întreprinderilor furnizoare cît şi a întreprinderilor consumatoare de energie electrică.

In acest articol s-au dat cîteva exemple de aplicarea noilor tarife, cazurile în practică vor fi numeroase şi variate. Tocmai această varietate arată că deşi tariful binom porneşte de la aceleaşi valori numerice (în cadrul aceluiaş sistem energetic), taxa de putere şi preţul de energie, totuşi se ajunge la rezultate diferite ale preţului mediu ceea ce reprezintă valoric modul cum consumatorul absoarbe energie electrică, fie în condiţii optime, fie în condiţii neraţionale.

Pentru a putea aprecia care este situaţia orelor de utilizare a puterii maxime a întreprinderilor industriale consumatoare de energie electrică, dăm mai jos, o repartiţie procentuală aproximativă a consumatorilor industriali, după numărul de ore de utilizare anuală a puterilor absorbite :

— pînă la 4 000 ore/an circa 40%
— între 4 000 — 6 000 ore/an circa 46%
— peste 6 000 ore/an circa 14%.

Faţă de anul 1950 cînd peste 50% din consumatorii industriali aveau o utilizare pînă la 3 000 ore/an, se constată o îmbunătăţire a situaţiei din acest punct de vedere. Aceasta se datoreşte în principal, următoarelor cauze :

a) dezvoltarea industrială şi creşterea producţiei prin trecerea întreprinderilor la lucrul cu 2 şi 3 schimburi, în urma punerii în aplicare a planului cincinal ;

b) a măsurilor de raţionalizare a consumului de energie electrică din ultimii ani.

Din cele arătate mai sus se observă că încă mai sînt posibilităţi mari pentru creşterea numărului orelor de utilizare anual, posibilităţi care vor fi descoperite prin :

— reactivarea măsurilor de raţionalizare ;
— aplicarea tarifului binom la energia electrică (care va avea şi un efect mobilizator prin bonificările şi penalizările introduse) ;
— ridicarea nivelului tehnic al personalului din întreprinderi asupra folosirii raţionale a energiei electrice ;
— stimularea prin criterii de premiere a personalului care exploatează utilaje industriale consumatoare de energie electrică şi care realizează economii.

Menţionăm că nefiind, în prezent, creiate toate condiţiile tehnice şi pentru a se da răgazul necesar luării de măsuri tehnico-organizatorice, de către întreprinderile consumatoare, penalizările referitoare la depăşirea puterii maxime contractate precum şi bonificările şi penalizările pentru variaţia factorului de putere intră în vigoare cu începere de la 1 ianuarie 1956.

Concluzii

In prezenta lucrare am căutat să arătăm personalului tehnic şi economic al întreprinderilor industriale şi consumatoare, aspectele tarifării energiei electrice, cum se întocmeşte un asemenea tarif, cum se aplică şi ce consecinţe tehnice şi economice poate avea. S-a arătat că adevăratul criteriu ştiinţific este preţul de cost, iar structura tarifului trebuie să fie binomă, asemănătoare structurii preţului de cost.

Totuşi, pentrucă un asemenea tarif nu este uşor de înţeles de marea masă a consumatorilor, pe de o parte şi pe de altă parte necesită aparate speciale şi operaţii scriptice mai complicate, tariful binom se aplică numai consumatorilor mari industriali, care deşi ca număr se prezintă sub 1% din numărul total al consumatorilor, totuşi au o consumaţie foarte importantă, reprezentînd marea majoritate a consumului total de energie electrică.

Faţă de cele arătate mai sus, rezultă că cea mai mare şi importantă parte din consumaţia de energie electrică este vîndută avînd la bază tariful binom.

Deşi tariful monom nu urmăreşte variaţia preţului de cost, fiind mai mic decît preţul de cost pentru consumaţii mici (respectiv ore de utilizare pe an puţine) şi mai mare decît preţul de cost pentru consumaţii mari ; totuşi avînd în vedere totalul consumaţiilor făcute şi calculate cu tariful monom, rezultatele financiare pe ansamblul consumaţiilor de toate categoriile de consumatori, nu influenţează economia aplicării tarifului binom, numai la consumatorii industriali.

Aşa cum s-a arătat, nici prin ultima aprobare dată nu se uniformizează toate tarifele de energie electrică pe ţară, ci se mai păstrează încă anumiţi consumatori cu tarifele practicate la 31 decembrie 1954 — totuşi aceasta este o situaţie de etapă intermediară în drumul sistematizării şi unificării complete a tarifelor pentru energia electrică.

Trebuie încăodată să menţionăm însă importanţa Hotărîrii Consiliului de Miniştri, în raţionalizarea consumului de energie electrică şi pe cale economică, în afara măsurilor luate pînă acum pe căile tehnice şi organizatorice.

Contribuţie la problema modelării scurgerii în albiile naturale

Dr. ing. P. WISNER

In prima parte a articolului se studiază problema modelării cu distorsiune a scurgerii în albii cu pantă şi rugozitate mare. După ce se arată limitele de aplicare ale criteriilor de modelare existente, se propune un nou criteriu care înlătură neajunsurile acestora şi permite folosirea modelelor cu distorsiune la această categorie de încercări. In a doua parte se abordează o problemă mai generală şi anume aceea a erorilor produse de abaterea de la criteriul Zegjda. Studiul unei probleme schematice permite să se stabilească valabilitatea limitată a procedeului curent folosit în laboratoarele hidraulice, prin care asigurarea similitudinii modificărilor regimului natural de scurgere se face prin modelarea preliminară a regimului iniţial. Metoda prezentată şi concluziile articolului servesc în special la încercarea pe modele cu distorsiune a sectoarelor superioare ale rîurilor, în vederea rezolvării problemelor specifice puse de proiectele hidroenergetice.

I. Scurgerea în albii naturale pune numeroase probleme practice, a căror rezolvare, în faza actuală a dezvoltării hidraulicei, nu se poate face decît cu ajutorul încercărilor pe modele. Aceasta este şi cauza pentru care, încă de la începutul dezvoltării laboratoarelor hidrotehnice modelarea rîurilor a constituit una din preocupările principale ale cercetătorilor ce lucrează în acest domeniu.

Greutatea principală care a trebuit să fie învinsă provenea din disproporţia dintre adîncimea şi lungimea sectoarelor modelate. Pentru înlăturarea ei s-a ajuns la diferite soluţii, între care cele mai curent folosite rămîn construirea modelelor cu distorsiune şi alegerea materialului de fund cu greutate specifică mai mică decît cea din natură.

In acelaşi timp, datorită spaţiului redus şi timpului limitat, care este de obicei disponibil pentru studii, unii cercetători au renunţat la realizarea similitudinii caracteristicilor de detaliu ale scurgerii, urmărind numai similitudinea caracteristicilor medii; viteze medii şi adîncimi. In acest caz unele rezultate cum ar fi de exemplu cele obţinute asupra modificărilor fundului albiei capătă un caracter calitativ. Totuşi, experienţa de 50 ani de cercetări pe asemenea modele confirmă faptul că aceste rezultate calitative sînt suficiente pentru rezolvarea celor mai multe probleme practice.

Menţinîndu-se în acest cadru mai restrîns al realizării similitudinii numai pentru caracteristicile medii ale scurgerii, se poate constata că majoritatea studiilor de acest fel prezentate în literatură, consideră cazul modelării cu distorsiune al unor sectoare fluviale cu pante şi rugozităţi mici.

In prima parte a lucrării ne propunem să studiem posibilitatea de aplicare a criteriilor de modelare existente la cazul albiilor cu pantă şi rugozitate mare, din sectoarele superioare de deal şi munte ale rîurilor.

Această problemă care ne va conduce la stabilirea unui nou criteriu de modelare, prezintă un interes cu atît mai mare cu cît majoritatea problemelor ce se pun astăzi laboratoarelor din R.P.R. în legătură cu proiectele de folosinţe hidroenergetice şi irigaţii intră tocmai în categoria de care ne ocupăm.

In a doua parte a lucrării vom aborda o problemă mai generală a modelării albiilor naturale. Se ştie că atunci cînd trebuie studiat efectul produs asupra regimului de scurgere de către o construcţie hidrotehnică se modelează în prima fază albia în situaţia iniţială corectîndu-se rugozitatea modelului, pînă ce se obţine o corespondenţă satisfăcătoare cu măsurătorile făcute în natură asupra acesteia. In literatura consultată se consideră că odată realizată similitudinea situaţiei iniţiale, se asigură cu aceeaşi aproximaţie şi similitudinea modificării de regim cauzată de obiectul hidrotehnic studiat. Ne-am propus să studiem limitele de aplicare ale acestui procedeu în cazul diferitelor criterii de modelare. In cele de mai jos vom expune numai cîteva din rezultatele obţinute pe baza analizei făcute pentru o problemă plană, în care uvrajul hidrotehnic este un prag de fund aşezat într-un canal foarte larg.

*

II. Inainte de a reaminti criteriile de modelare existente, vom introduce principalele notaţii folosite, care sînt date în tabela 1.

Raportul dintre scara verticală şi cea orizontală, adică distorsiunea $\frac{\alpha_h}{\alpha_l}$ a modelului se montează μ. Vom admite pentru simplificare că scara orizontală α_l este dată pe baza spaţiului disponibil şi scara verticală α_h este aleasă pentru a avea asigurată pe model regimul turbulent. In acest caz dimensionarea modelului se reduce la determinarea scării pantelor α_i necesară pentru a fixa poziţia profilelor transversale pe baza cărora este construit modelul şi a scării vitezelor α_v cu care se determină debitele încercate pe model, corespunzătoare celor din natură. Pînă în prezent s-au propus, pornind dela ipoteze diferite 4 criterii pentru determinarea scărilor α_i şi α_v.

Aceste criterii sînt cunoscute în literatura de specialitate sub numele celor ce le-au stabilit şi anume Winkler, Abramov, Vogel şi Zegjda.

Aşa cum reiese din lucrările cele mai recente consultate se arată că în ultimul timp nu mai sînt folosite decît ultimele 2 criterii de care ne vom ocupa în consecinţă mai îndeaproape.

In tabela 2 sînt rezumate ipotezele care au stat la baza acestor criterii, şi valorile obţinute pentru scara pantelor şi a vitezelor, făcîndu-se obişnuita simplificare valabilă numai pentru albii largi, $\alpha_R \cong \alpha_h$.

In tabela 2 s-a dat de asemeni valoarea α_λ calculată pe baza relaţiei :

$$\alpha_\lambda = \frac{\lambda'}{\lambda} = \alpha_v^{-2}\, \alpha_i\, \alpha_R \qquad (1)$$

care se deduce din formula cunoscută

$$4\lambda = \frac{2gi\,R}{v^2} \cdot \qquad (2)$$

Observăm deasemenea că Zegjda este singurul din cercetătorii de mai sus care păstrează pentru viteze legea de similitudine corespunzătoare criteriului lui Froude.

Pentru a stabili limitele de aplicare ale acestor criterii vom calcula coeficientul de pierdere de sarcină în ipoteza că scurgerea pe modelul cu distorsiune este turbulent rugoasă aşa cum este dealtfel şi cazul de foarte multe ori pentru rugozităţile relative mari. Incercările făcute de A. P. Zegjda ne permit în acest caz să determinăm va-

Tabela 1

Mărimea	Unit. măsură	Simbol natură	Simbol model	Scara	Observaţii
Debitul	m^3/s	Q	Q'	$\alpha_Q = \frac{Q'}{Q}$	
Lungimea	m	l	l'	$\alpha_l = \frac{l'}{l}$	
Adîncimea	m	h	h'	$\alpha_h = \frac{h'}{h}$	
Raza hidraulică	m	R	R'	$\alpha_R = \frac{R'}{R}$	
Viteza medie	m/s	V	V'	$\alpha_v = \frac{V'}{V}$	
Panta	—	I	I'	$\alpha_i = \frac{I'}{I}$	
Numărul Reynolds	—	Re	Re′	$\alpha_{Re} = \frac{Re'}{Re}$	$Re = \frac{vR}{\nu}$
Numărul Froude	—	F	F′	$\alpha_{F'} = \frac{F'}{F}$	$F = \frac{v}{\sqrt{gh}}$
Coef. de rugoz. (Maning-Pavlovski)	$m^{y-\frac{1}{2}}$ sec	n	n'	$\alpha_n = \frac{n'}{n}$	
Coef. lui Chezy	$m^{1/2}\,s^{-1}$	C	C'	$\alpha_c = \frac{C'}{C}$	$C = \frac{1}{n} R^y$
Coef. de pierdere de sarcină	—	λ	λ'	$\alpha_\lambda = \frac{\lambda'}{\lambda}$	$\lambda = 8\ g/c^2$
Mărimea asperităţii echivalente	m	K	K'	$\alpha_K = \frac{K'}{K}$	

Tabela 2

Criteriul	Ipoteza de bază	α_i	α_v	α_λ	Observaţii
Winkler	$\alpha_c = \alpha_{Re}^{\frac{1}{8}}$	$\alpha_l^{-1}\,\alpha_h$	$\alpha_l^{-\frac{4}{7}}\,\alpha_h^{\frac{9}{7}}$	$\alpha_l^{\frac{1}{7}}\,\alpha_h^{\frac{4}{7}}$	de la form. $C = 42\,Re^{\frac{1}{8}}$
Abramov	$\alpha_c = 1$	$\alpha_l^{-1}\,\alpha_h$	$\alpha_l^{-\frac{1}{2}}\,\alpha_h$	1	
Vogel	$\alpha_n = 1$	$\alpha_l^{-1}\,\alpha_h$	$\alpha_l^{-\frac{1}{2}}\,\alpha_h^{\frac{7}{6}}$	$\alpha_h^{-\frac{1}{3}}$	$\alpha_i = \alpha_h\,\alpha_l^{-1}$ este val. min. considerată
Zegjda	$\alpha_v = \alpha_h^{1/2}$	$\alpha_l^{-1}\,\alpha_h$	$\alpha_h^{\frac{1}{2}}$	$\alpha_l^{-1}\,\alpha_h$	

loarea coeficientului λ din formula (2) pe baza unei expresii analoage cu cea stabilită de Nicuradze pentru scurgerea forțată în conducte circulare.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log\left(\frac{R}{K}\right) + 2{,}12. \qquad (3)$$

Coeficientul de pierdere de sarcină maxim realizabil pe model notat mai departe λ'_{max} — se obține din relația de mai sus admițînd rugozitatea relativă $\frac{R'}{K'} = \left(\frac{R'}{K'}\right)_{min} = 5$, pentru a nu modifica secțiunea de scurgere. Rugozitatea albiilor naturale se apreciază în practică prin scara coeficientului de rugozitate n. Cu ajutorul formulei lui Pavlovschi $C = \frac{1}{n} R^y$ obținem pentru sectoarele superioare ale rîurilor cu $n = 0{,}03 - 0{,}05$ și $R = 1-3{,}5$ m valori ale coeficientului lui Chezy, C variind între 30—45. Pentru fluvii cu fund nisipos unde $n = 0{,}02-0{,}025$ și $R = 5-7$ m valorile coeficientului C sînt mai mari fiind cuprinse între 55 și 70.

Presupunem că încercăm să modelăm după criteriul Zegjda un curs de apă al cărui coeficient $\lambda = \frac{8g}{C^2}$ este cunoscut. Conform tabelei 2 rugozitatea necesară pentru model va fi:

$$\lambda' = \alpha_\lambda \lambda = \alpha_l^{-1} \alpha_h \lambda = \mu\lambda,$$

de unde rezultă distorsiunea maximă cu care poate fi construit modelul:

$$\mu_{max} = \frac{\lambda'_{max}}{\lambda} \qquad (4)$$

sau, pentru a pune în evidență pentru model rugozitatea relativă și pentru natura coeficientului Chezy care dă o indicație asupra naturii rîului

$$\mu_{max} = \frac{C^2}{8g\left[2 \log\left(\frac{R'}{K'}\right)_{min} + 2{,}12\right]^2}. \qquad (5)$$

Relația (5) este reprezentată grafic în fig. 1 pentru $\left(\frac{R'}{K'}\right)_{min} = 5, 7, 10$ și 15. Din diagramă reiese că pentru valorile C corespunzătoare rîurilor de deal și munte ($C = 30-45$) nu se poate modela după criteriul Zegjda decît fără distorsiune sau cu o distorsiune $\mu \leqslant 2$ ambele cazuri conducînd la modele mari neeconomice. Dacă $\left(\frac{R}{K}\right)_{min} > 5$ rezultă din aceeași diagramă, că după criteriul lui Zegjda distorsiunea trebuie aleasă relativ mică, chiar pentru valorile C corespunzătoare sectoarelor fluviale.

Dacă am încerca să modelăm după criteriul lui Vogel din tabela 2 rezultă $\alpha_\lambda = \frac{\lambda'}{\lambda} = (\alpha_h)^{-\frac{1}{3}}$, de unde:

$$(\alpha_h)_{min} = \left(\frac{\lambda}{\lambda'_{max}}\right)^3 \qquad (6)$$

sau făcînd transformări analoage ca în relația (5)

$$(\alpha_h)_{min} = \frac{512\, g^3 \left[2\left(\log \frac{R'}{K'}\right)_{min} + 2{,}12\right]^6}{C^6}. \qquad (7)$$

Din reprezentarea grafică a relației (7) dată în fig. 2 rezultă că pentru $C \leqslant 45$, adică pentru

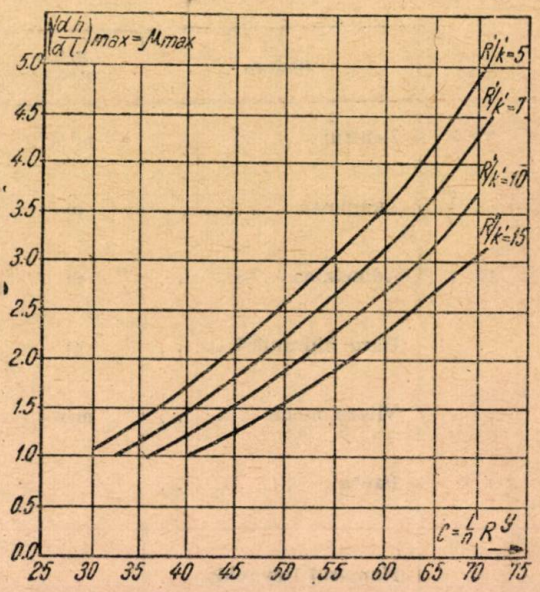


Fig. 1. Limitarea distorsiunii după criteriul de modelare Zegjda.

rîurile de deal și munte trebuie să folosim scări verticale $\leqslant \frac{1}{10}$. Intrucît folosirea a două scări diferite pentru lungimi și adîncimi devine avantajoasă în problemele practice pentru $\alpha_l = \frac{1}{150} - \frac{1}{400}$, rezultă că adoptarea criteriului Vogel, impune pentru albiile cu rugozitate mare dis-

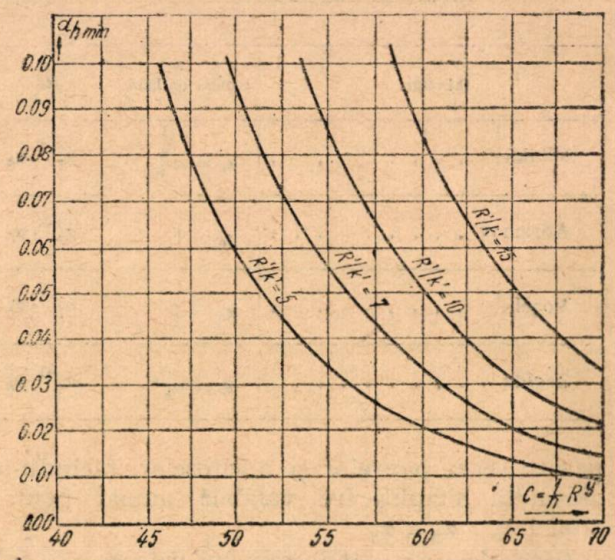


Fig. Limitarea scării verticale după criteriul de modelare Vogel.

torsiuni exagerate ($\mu = 15 - 40$) pentru care este compromisă obținerea de rezultate calitative asupra modificării albiei mobile. De altfel,

aşa cum se arată mai jos, criteriul Vogel este inaplicabil la rîurile de deal şi munte unde numerile Froude corespunzătoare *) sînt mai apropiate de unitate decît în sectoarele fluviale.

Pentru a înlătura neajunsurile arătate mai sus ale criteriilor din tabela 2 este necesar un nou criteriu de modelare care să ţină seama de caracteristicile rîurilor de deal şi munte. Pentru al stabili, vom introduce în prealabil un nou mod de formulare al criteriilor de modelare pentru albiile naturale. Pentru aceasta vom lua drept bază criteriul Zegjda care este desigur cel mai fundat din punctul de vedere al similitudinii hidrodinamice. Ori care alt criteriu are abateri la una sau mai multe din scările α_i, α_v, α_λ faţă de valorile date de Zegjda. Mărimea şi direcţia acestor abateri care caracterizează cel mai clar un anumit criteriu va fi exprimată în cele ce urmează prin 3 coeficienţi de deformare ai scării pantelor, vitezelor, şi pierderilor de sarcină, pe care îi vom defini după cum urmează :

$$\text{Pentru pante : } \beta_i = \frac{\alpha_i}{\alpha_i \text{ Zegjda}} \qquad (8')$$

$$\text{Pentru viteze : } \beta_v = \frac{\alpha_v}{\alpha_v \text{ Zegjda}} \qquad (8'')$$

$$\text{Pentru pierderile de sarcină: } \beta_\lambda = \frac{\alpha_\lambda}{\alpha_\lambda \text{ Zegjda}} \qquad (8''')$$

Ţinînd seamă de relaţiile din tabela 2 vom avea :

$$\alpha_i = \beta_i \frac{\alpha_h}{\alpha_l} = \beta_i \mu \qquad (9')$$

$$\alpha_v = \beta_v \alpha_h^{1/2} \qquad (9'')$$

$$\alpha_\lambda = \beta_\lambda \frac{\alpha_h}{\alpha_l} = \beta_\lambda \mu. \qquad (9''')$$

Introducînd relaţia (9) în relaţia (1) şi făcînd simplificarea $\alpha_h \cong \alpha_R$ obţinem condiţia de legătură între coeficienţii de deformare

$$\beta_v^2 = \frac{\beta_i}{\beta_\lambda}. \qquad (10)$$

Folosirea directă a coeficienţilor de deformare *introduşi are, pe lîngă faptul că pune în evidenţă ceea ce are fiecare metodă mai caracteristic, şi avantajul că uşurează găsirea direcţiei în care trebuie căutat un nou criteriu de modelare,* precum şi stabilirea limitelor sale de aplicare. Relaţia (10) permite verificarea oricărui criteriu de modelare, deci şi a celor propuse de Winkler, Abramov şi Vogel, pentru care au fost calculaţi „coeficienţii de deformare" în tabela 3.

Tabela 3

Criteriul	β_i	β_v	β_λ	Observaţii
Winkler	1	$\alpha_l^{-\frac{4}{7}} \alpha_h^{\frac{11}{14}}$	$\alpha_l^{\frac{8}{7}} \alpha_h^{-\frac{11}{7}}$	
Abramov	1	$\alpha_l^{-\frac{1}{2}} \alpha_h^{\frac{1}{2}}$	$\alpha_l \alpha_h^{-1}$	
Vogel	1	$\alpha_l^{-\frac{1}{2}} \alpha_h^{\frac{2}{3}}$	$\alpha_l \alpha_h^{-\frac{4}{3}}$	$\beta_i = \beta_{i\,min}$
Zegjda	1	1	1	

Presupunînd că vom determina prin calcul valorile β_i, β_v şi β_λ observăm că realizarea practică a rugozităţii nu se poate face decît experimental, întrucît relaţia între coeficientul λ' şi diametrul d al grăunţelor cu care se realizează asperitatea depinde de forma şi desimea acestora, factori ce nu pot fi cuprinşi în calculul ($d \neq K'$). In cadrul acestor experienţe preliminare se va putea varia şi mărimea β_v în vederea asigurării unei mai bune coincidenţe între nivelele de pe model, şi cele din natură.

Ţinîndu-se seamă de această metodică, criteriul de modelare propus va trebui să asigure îndeplinirea următoarelor condiţii :

a) Determinarea numai prin calcul a deformării pantei β_i fără necesitatea unor modificări ulterioare pentru a permite construirea definitivă a modelului.

b) Determinarea deformării pierderii de sarcină şi scării vitezelor β_λ şi β_v cu o rezervă care să asigure realizarea lor experimentală în limitele dinainte stabilite.

c) Determinarea factorilor experimentali printr-un număr minim de încercări, adică prin modificarea succesivă a unui singur element.

Rezerva în determinarea valorii β_λ se poate obţine în alegerea valorilor de calcul λ şi λ'_{max}. Rezerva în determinarea coeficientului β_v se poate realiza alegînd pentru calculul de similitudine al modelului dintre debitele ce trebuie studiate pe cel mijlociu sau superior şi limitînd valoarea β_v conform indicaţiilor din paragraful următor. Modificările unui singur factor în timpul experienţelor preliminare se poate realiza, determinînd desimea asperităţilor d pentru debitul de calcul păstrînd în timpul experienţelor respective β_v = constant şi modificînd apoi pentru fiecare din celelalte debite studiate numai valoarea β_v pentru rugozitatea constantă obţinută, pînă ce se realizează coincidenţa nivelelor.

Am insistat asupra acestor consideraţii practice de modelare întrucît aşa cum s-a văzut mai sus *nu orice grup de coeficienţi* β *care satisfac condiţia* (10), *adică la care scările alese permit să se satisfacă criteriul de similitudine* (1) *asigură în acelaşi timp şi realizarea de modele în condiţiile şi cu miljoacele curente ale laboratorului hidraulic.*

*

*) Se consideră bineînţeles numai cazul scurgerii lente, întrucît scurgerea torenţială nu se poate modela cu distorsiune.

III. Analiza făcută în paragraful II a arătat că limitarea aplicării criteriilor Vogel şi Zegjda este datorită imposibilităţii de a se depăşi pe model o anumită rugozitate maximă. Condiţia (10) pune în evidenţă faptul că pentru a menţine rugozitatea modelului în limite realizabile, adică pentru a avea valori β_λ cît mai mici este necesar să mărim cît mai mult deformarea β_v. Se poate însă arăta că aceasta este limitată de condiţia de a se evita trecerea pe model în regimul torenţial. Vom avea :

$$F' = \frac{v'}{\sqrt{gh'}} = \frac{\beta_v \alpha_h^{1/2} v}{\alpha_h^{1/2}\sqrt{g h}} = \beta F \qquad (11)$$

de unde rezultă :

$$\beta_{v\,max} \leqslant \frac{F'_{max}}{F} \qquad (12)$$

sau :

$$\beta_v = K \frac{F'_{max}}{F} \text{ şi } K \leqslant 1 \qquad (13)$$

unde F'_{max} este numărul Froude maxim admisibil pe model, care teoretic este 1. Experimental se poate însă arăta că pentru a evita formarea undelor staţionare şi scurgerea instabilă caracteristică trecerii la regimul torenţial este necesar să nu se depăşească pe modelul de rîu $F'_{max} = 0{,}9$. Coeficientul fără dimensiuni k indică rezerva care trebuie luată în modelarea debitului de calcul, pentru a asigura îndeplinirea condiţiei (12) şi pentru restul debitelor studiate. Datorită creşterii deformării efective a pantei produse de variaţia pantei din natură, are loc o tendinţă de creştere a lui β_v cu debitul. După rezultatele unor studii experimentale vom admite raportul $\beta_v = Q_{max}/\beta_v$ Q mediu calcul $= 0{,}85-0{,}95$, valoare care trebuie confirmată de un număr mai mare de experienţe. Consideraţiile de mai sus arată că relaţia (13) se poate scrie sub forma practică

$$\beta_v = k \frac{F'_{max}}{F} = 0{,}9 \frac{0{,}9}{F} = \frac{0{,}8}{F}. \qquad (14)$$

Pentru multe rîuri de deal şi munte numărul F la debite mijlocii sau mari este în secţiunile înguste $F = 0{,}7-0{,}9$. In aceste cazuri relaţia (14) devine :

$$\beta_v = 1 \qquad (15)$$

alegîndu-se în cazul $F \geqslant 0{,}8$ drept debit de calcul cel mai mare debit studiat.

Comparînd relaţia (14) cu deformarea scării vitezelor din criteriul lui Vogel $\beta_v = \mu^{\frac{1}{2}} \alpha_h^{\frac{1}{6}}$ rezultă că pentru $\mu = 20-40$ şi $\alpha_h \geqslant \frac{1}{10}$ — condiţii rezultate din relaţia (7) limitele impuse de menţinerea regimului de scurgere sînt depăşite, criteriul Vogel fiind cum s-a menţionat în paragraful II inaplicabil la categoria de rîuri studiată.

Relaţia (14) şi (15) arată că *pentru rîurile de deal şi munte caracterizate prin valori mari ale numărului Froude nu se poate obţine o reducere substanţială a rugozităţii necesare a modelului prin folosirea deformării scării vitezelor.* Relaţia (10) arată că în acest caz reducerea rugozităţii va trebui obţinută pe baza micşorării coeficientului de deformare a pantei β_i. Vom stabili limitele deformării pantei β_i admiţînd pentru simplificarea expunerii că deformarea scării vitezelor a fost aleasă $\beta_v = 1$ conform relaţiei (15) corespunzătoare cazului cel mai frecvent

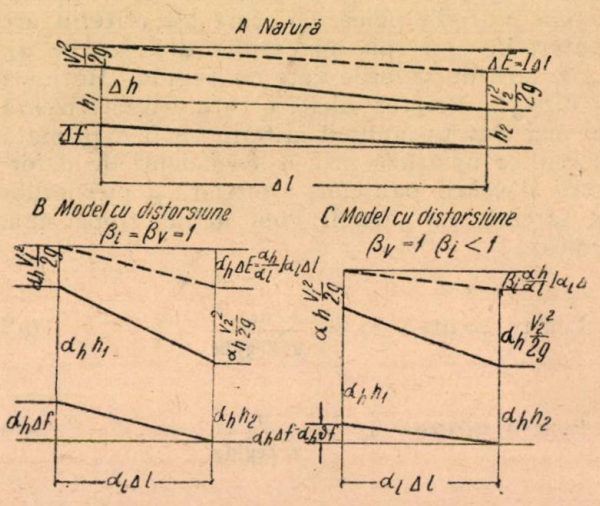


Fig. 3. Stabilirea denivelării profilelor în cazul $\beta < 1$.

la categoria de rîuri studiată. In acest caz vom avea conform relaţiei (10) $\beta_i = \beta_\lambda$ şi întrucît în cazul rîurilor cu rugozitate mare $\lambda'_{max} < \mu\lambda$ va trebui să adoptăm spre deosebire de criteriile din tabela 3 o deformare $\beta_i < 1$.

Limita superioară a coeficientului deformării pantei este evident cea dată de rugozitatea maximă realizabilă pe model

$$\beta_i \leqslant \beta_{\lambda\,max} = \frac{\lambda'_{max}}{\mu\lambda}. \qquad (16)$$

Pentru a găsi limita inferioară vom observa că la valori β_i prea mici, modul de realizare al deformării pantei prin denivelarea profilelor ce servesc la construirea modelului poate conduce la apariţia pe model a unei scurgeri diferite calitativ de cea de natură şi anume cu pante inverse ale oglinzii apei, ceea ce trebuie evitat. Vom arăta acest lucru stabilind mărimea denivelării ϑf a profilelor modelului corespunzătoare unei anumite deformări β_i a pantei. Fie un sector de rîu de lungime Δl cuprins între profilele *1* şi *2* şi fie Δf, Δh şi $\Delta E = I\,\Delta l$ respectiv căderile fundului, oglinzii apei şi liniei energetice.

Din fig. 3 (*A*) reiese pentru scurgerea din natură pe consideraţii geometrice relaţia cunoscută :

$$\Delta f + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + I\,\Delta l. \qquad (17)$$

Din fig. 3 (B) se poate stabili relaţia corespunzătoare pentru modelul cu scările α_h şi α_l pentru care $\beta_i = 1$.

$$\Delta f \cdot \alpha_h + h_1 \alpha_h + \frac{v_1^2}{2g} \alpha_h = h_2 \alpha_h + \frac{v_2^2}{2g} \alpha_h + I \frac{\alpha_h}{\alpha_l} \Delta l \cdot \alpha_l.$$

Deformarea pantei β_i se realizează coborînd cu α_h ϑf profilul *1* faţă de poziţia din cazul precedent. In acest caz vom avea:

$$\Delta f \alpha_h - \vartheta f \alpha_h + h_1 \alpha_h + \frac{v_1^2}{2g} \alpha_h = h_2 \alpha_h + \frac{v_2^2}{2g} \alpha_h + I \frac{\alpha_h}{\alpha_l} \beta_i \Delta l \, \alpha l. \quad (19)$$

Scăzînd relaţia (19) din relaţia (18) şi ţinînd seama de (17) obţinem:

$$\vartheta f = \Delta E \, (1 - \beta_i). \quad (20)$$

Pentru a nu fi necesară realizarea pe model a unor pante negative trebuie satisfăcută condiţia

$$\vartheta f \leqslant \vartheta h \quad (21)$$

sau, ţinînd seama de relaţia (20)

$$\beta_i \geqslant 1 - \frac{\Delta h}{\Delta E}. \quad (22)$$

Observăm că dacă $\Delta h = \Delta E$ limita inferioară a deformării dată de condiţia (20) este $\beta_{i\,min} = 0$, pentru care linia oglinzii apei pe model va putea fi orizontală. Pentru $\Delta h > \Delta E$ ar rezulta $\beta_i < 0$, dar întrucît în acest caz $\omega_2 > \omega_1$ poate apare o pierdere de sarcină locală, care face să nu mai fie valabilă relaţia $\Delta E = I \Delta l$. Mai interesant este cazul $\Delta h > \Delta E$ *care ne poate conduce la condiţia contradictorie cu condiţia* (16). De exemplu dacă $\Delta h = 0$ rezultă $\beta_{min} = 1$ adică pe sectorul respectiv nu se poate deforma panta.

Pentru înlăturarea acestor dificultăţi vom observa că la categoria de rîuri studiată, sectoarele în care panta este foarte mică nu pot fi decît scurte şi urmate de alte porţiuni cu pantă mai mare. Fie o astfel de succesiune de pante cea din fig. 4. Presupunem că pe sectorul $B\,C$, coeficientul de deformare β_i rezultat din condiţia 22 este mai mare decît cel care poate fi respectat prin folosirea rugozităţii maxime pe model. Din această cauză panta oglinzii apei pe sectorul $B\,C$ al modelului va fi mai mică decît cea corespunzătoare din natură. Rezultă că menţinînd pe celelalte sectoare panta corespunzătoare aceleiaşi valori, nu se poate realiza pe model profilul $A\,B\,C\,D$, corespunzător naturii, ci un profil $A\,B\,C'\,D'$ mai coborît în două profile. In locul acestui profil care transmite eroarea în amonte este preferabil să se realizeze un profil de tipul $A\,B''\,C''\,D$, în care eroarea produsă de micşorarea pantei pe sectorul $B\,C$ este compensată prin mărirea pantei pe sectoarele $A\,B$ şi $C\,D$. Pentru a putea realiza aceste corecţii este necesar ca în sectoarele $A\,B$ şi $C\,D$

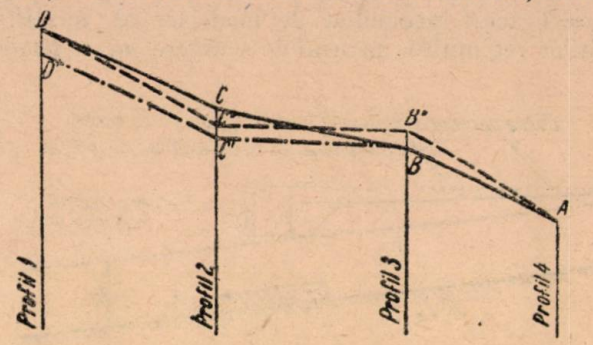


Fig. 4. Aproximarea pe model a liniei oglinzii apei din natură.

să se calculeze denivelările corespunzătoare profilelor B şi D pentru o valoare mai mică decît limita dată de relaţia (16).

Condiţia (22) arată că pentru categoria de sectoare în care $\Delta h \geqslant \Delta E$ arată că poate fi aleasă orice valoare $\frac{\lambda'_{min}}{\mu\lambda} < \beta_i < \frac{\lambda'_{max}}{\mu\lambda}$. unde λ'_{min} corespunde modelului neted. Pentru a nu avea totuşi diferenţe prea mari de rugozitate pe diferitele sectoare ale modelului, astfel încît să se poată folosi pentru asperităţi un singur fel de grăunţe şi realiza variaţiile necesare ale coeficientului λ' numai prin îndesare, se poate lucra cu rugozitate minimă $\lambda' = \lambda$. Aceasta revine la a pune condiţia $\beta_i \geqslant \frac{1}{\mu}$ sau $\alpha_i \geqslant 1$ *adică pantele pe model să nu fie mai mici decît cele din natură.*

Consideraţiile de mai sus sînt rezumate în tabela 4 care indică criteriul de modelare al caracteristicilor medii aplicabil la scurgerea în rîurile cu pantă şi rugozitate mare.

Tabela 4

Caracterizarea sectorului	β_v	β_i	β_λ	λ'
$1 - \frac{\Delta h}{\Delta E} > \frac{\lambda'_{max}}{\mu\lambda}$	1	$1 - \frac{\Delta h}{\Delta E}$	$\frac{\lambda'_{max}}{\mu\lambda}$	λ'_{max}
$1 - \frac{\Delta h}{\Delta E} < \frac{\lambda'_{max}}{\mu\lambda}$	1	$\frac{1}{\mu}$	$\frac{1}{\mu}$	λ

IV. In cele de mai sus am considerat cazul în care sînt date pentru unul sau mai multe debite profilele longitudinale prin oglinda apei măsurate în natură sau calculate şi am dezvoltat un criteriu de modelare care să permită realizarea pe model a unor nivele care să le urmărească îndeaproape. Aşa cum s-a arătat la începutul lucrării, diferiţii autori consultaţi, admit că dacă se realizează această corespondenţă, atunci este asigurată şi similitudinea regimului modificat în urma executării uvrajelor hidrotehnice studiate.

Se poate arăta că pentru criteriile de modelare anterioare în cari $\beta_i = 1$ şi $\beta_v \neq 1$, precum şi în criteriul propus pentru care $\beta_v = 1$ şi $\beta_i \neq 1$ acest procedeu de modelare al modificărilor regimului natural de scurgere *nu se poate*

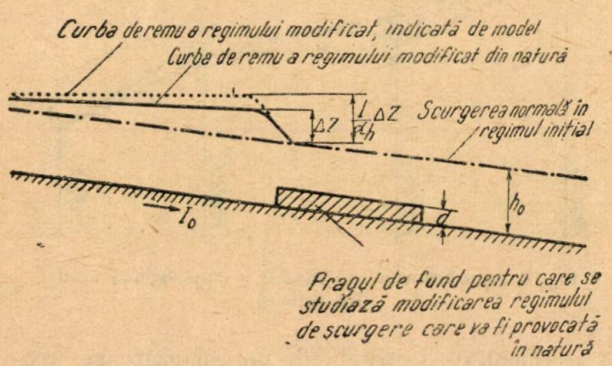


Fig. 5. Modelarea unei modificări a regimului iniţial de scurgere produsă de un prag de fund.

aplica decît cu anumite rezerve, el fiind riguros valabil numai pentru un model construit conform criteriului Zegjda. Pentru a arăta aceasta vom evalua prin calcul influenţa deformării pantei şi vitezii asupra rezultatelor date de încercarea pe model a unei probleme schematice.

Fie un canal foarte larg în care pentru debitul de calcul q_0 m³/s şi ml, scurgerea este normală cu adîncimea h_0 şi panta I_0. Presupunem că scurgerea în acest canal a fost modelată pe un model cu distorsiune prin abatere de la criteriul Zegjda, pe baza unuia din criteriile din tabela 2 sau tabela 4. Pentru debitul de pe model $q'_0 = \alpha_q \cdot q_0$ va corespunde de asemenea o scurgere normală adîncimea fiind $h'_0 = \alpha_h h_0$. Admitem că după ce s-a realizat în acest fel similitudinea caracteristicilor medii ale scurgerii în regimul natural, se va studia pe model efectul construirii unui prag de fund de adîncime $d = m\, h_0$*). Ridicarea de nivel ΔZ pe care pragul o va provoca imediat în amonte este dată de formula simplificată

$$\Delta Z = \frac{q_0^2}{2g\,\varphi^2\,(h_0 - d)^2}. \qquad (23)$$

Considerăm cazul realizării similitudinii iniţiale astfel ca $\beta_i = 1$ şi $\beta_v \neq 1$ pentru care:

$$\frac{q'_0}{q_0} = \beta_v\, \alpha_h^{\frac{3}{2}}.$$

Admiţînd $\varphi' = \varphi$, denivelarea pe model va fi

$$\Delta' Z = \frac{q'^2_0}{2g\,\varphi'^2\,(h'_0 - d')^2} = \frac{\beta_v^2\, q^2}{2g\,\varphi^2\, h_0^2\,(1-m)^2} = \beta_v^2\, \Delta Z. \qquad (24)$$

Practic interesează eroarea relativă cu care modelul indică adîncimea totală h în amonte de prag. Făcînd o serie de transformări pentru a pune în evidenţă numărul Froude al scurgerii iniţiale obţinem expresia erorii relative

$$\frac{\frac{1}{\alpha_h} h' - h}{h} = \frac{(\beta_v^2 - 1)F^2}{2\,(1-m^2)\,\varphi^2 + F^2} \qquad (25)$$

Eroarea creşte cu înălţimea pragului şi coeficientul de deformare β_v. Pentru a avea ordinul ei de mărime considerăm cazul numeric $m = 0{,}1$ şi $F = F_{max} = 0{,}55$ (pentru a nu avea pe prag o schimbare de regim). In diagrama din fig. 6 s-a reprezentat variaţia acestei erori cu β_v în profilul situat imediat în amonte de prag şi în 2 profile din amonte pentru care supraînălţarea nivelelor ar fi respectiv $\frac{\Delta Z}{2}$ şi $\frac{\Delta Z}{4}$. Din examinarea acestei diagrame se constată că pentru $\beta_v < 1{,}20$ eroarea se încadrează în limite admisibile obişnuite şi pentru modelarea regimului natural de scurgere. La valorile β_v mai mari de 1,20 date deobicei de metoda Vogel, eroarea creşte devenind inacceptabil de mare. Diagrama mai arată că în amonte de prag eroarea se micşorează, ceea ce se explică prin aceea că atît curba de remu din natură cît şi cea indicată de model au aceeaşi asimptotă. Pentru $m > 0{,}1$ menţinînd pe prag condiţia $F < F_{max}$, obţinem erori de acelaşi ordin de mărime, întrucît trebuie redusă valoarea numărului Froude.

In cazul $\beta_v = 1$, $\beta_i \neq 1$, adîncimea imediată în amonte de prag va fi reprodusă corect pe model întrucît panta nu intervine în relaţia (23).

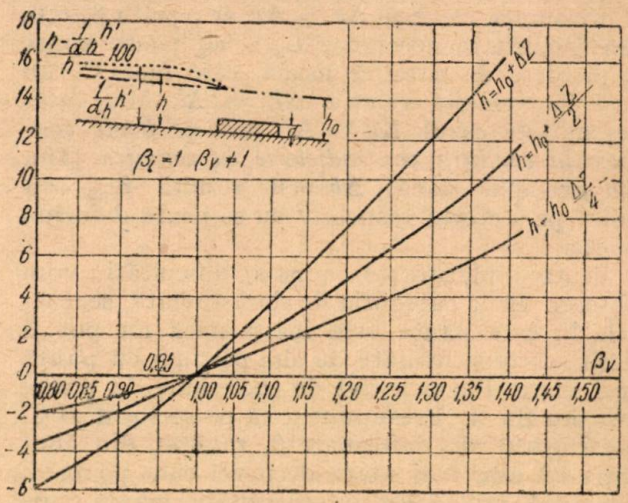


Fig. 6

In schimb va fi modificată curba de remu creată de prag, întrucît deformarea pantei modelului s-a făcut pe baza pantei iniţiale I_0, care s-a modificat. In diagrama din fig. 7 este dată variaţia erorii în determinarea curbei de remu pentru acelaşi caz $m = 0{,}1$ $F = 0{,}55$, care a fost tratat mai sus. Se observă că spre deosebire de cazul deformării vitezelor, eroarea se amplifică mergînd spre amonte. In cazul

*) Pentru a menţine forma de problemă plană vom presupune că scara lăţimilor este aceeaşi cu scara adîncimilor, ceea ce nu modifică forma relaţiilor dezvoltate în paragrafele precedente.

$\beta_i < 1$ (criteriul propus în paragraful III) nivelele indicate de model în amonte de prag sînt acoperitoare. In cazul $\beta_i > 1$ (folosit de Vogel) nivelele indicate de model vor fi mai coborîte decît cele reale. Atît timp cît deformarea pantei nu

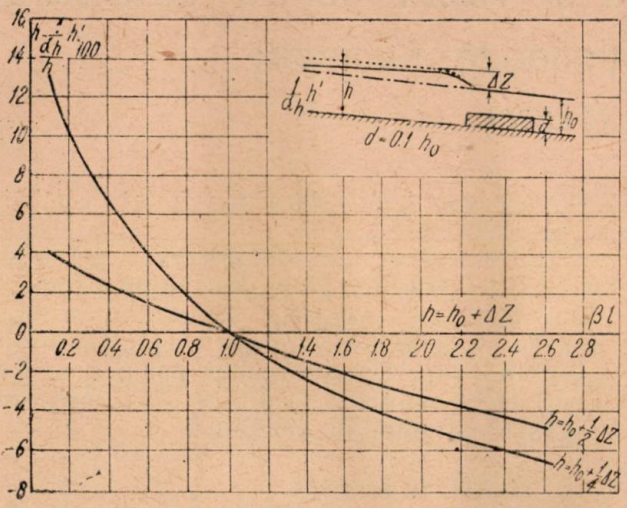


Fig. 7

depăşeşte limitele uzuale şi profilul considerat nu este prea depărtat de prag ($h > h_0 + \frac{1}{4}\Delta Z$) eroarea nu depăşeşte limite de $\sim 10\%$, care după cîte am văzut este inevitabilă şi în cazul modelării regimului natural de scurgere.

S-a văzut că în cele 2 cazuri extreme considerate mai sus $\beta_i = 1$ $\beta_v \neq 1$ şi $\beta_i \neq 1$ $\beta_v = 1$ eroarea inevitabilă în cazul modelării modificării regimului de scurgere se poate reduce la limita dorită într-un profil suficient de depărtat, respectiv suficient de apropiat, de obiectul hidrotehnic, care a provocat modificarea de regim. Se poate arăta printr-un calcul analog celui care a condus la determinarea diagramelor din fig. 6 şi 7 că într-un caz intermediar, unde $\beta_i \neq 1$ şi $\beta_v \neq 1$, eroarea în determinarea adîncimii în amonte de prag se poate anula într-un anumit profil în care cele 2 curbe de remu, din natură şi cu cea indicată de model se intersectează.

Pe baza rezultatelor de mai sus rezultă că problemele de modelare ale regimului de scurgere în albiile naturale se pot împărţi în următoarele 3 categorii, la care *introducerea unei abateri la scara vitezelor sau a pantelor poate fi considerată*:

a) Admisibilă dacă regimul iniţial de scurgere nu este modificat decît în mică măsură de lucrările executate, de exemplu, în cazul anumitor regularizări pentru îmbunătăţirea condiţiilor de navigaţie.

b) Inadmisibilă — putînd conduce la erori mari şi modelarea nu se poate face decît după criteriul Zegjda. Este cazul studierii lucrărilor care produc modificări sensibile ale regimului iniţial de scurgere — îngustări puternice, remuuri provocate de baraje etc.

c) Aplicabilă cu rezerve — asigurînd o similitudine parţială cu un grad mai mare sau mai mic de aproximaţie în funcţie de mărimea abaterii, a modificării regimului iniţial şi a poziţiei sectorului studiat în raport cu uvrajul hidrotehnic. Este cazul majorităţii încercărilor de prize, confluenţe şi regularizări.

Concluzii.

Studiul prezentat mai sus asupra problemei modelării caracteristicilor medii ale scurgerii în albiile naturale ne-a condus la următoarele rezultate:

1. S-au stabilit limitele aplicării principalelor criterii de modelare existente, Zegjda şi Vogel, arătîndu-se că în cazul albiilor cu rugozitate mare primul criteriu conduce la modele foarte mari — fără distorsiune sau cu distorsiune prea mică — iar al doilea criteriu la modelele cu distorsiuni exagerate.

2. S-a stabilit un nou criteriu de modelare al regimului natural de scurgere în albiile rugoase, permiţînd utilizarea distorsiunilor şi ca atare a unor modele economice.

3. S-a arătat că procedeul asigurării modelării modificărilor regimului de scurgere prin verificarea regimului iniţial are în cazul abaterii de la criteriu Zegjda o valabilitate limitată. S-a analizat pe baza unui exemplu schematic posibilitatea sa de folosire în cîteva probleme practice, propunîndu-se o clasificare a acestora.

4. S-a introdus caracterizarea şi analizarea criteriilor de modelare a albiilor pe baza unor coeficienţi de abatere de la criteriul Zegjda, stabilindu-se relaţiile între aceşti coeficienţi şi limitele lor de aplicare.

Bibliografie

[1] *Izbaş C. V.*: Osnovi laboratorno — opitnova de la v gidrotehnike, Leningrad, 1938.

[2] *Novak P.*: Mehanicka podobnost v hidrodinamice pri pokuseck a modely richnich trati, Praha, 1951.

[3] *Zegjda A P.*: Teoria podobia i metodika rascieta gidrotehniceskih modelia Leningrad, 1938.

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ СТОКА В НАТУРАЛЬНЫХ РУСЛАХ

В первой части статьи рассматривается вопрос моделирования с искажением стока в руслах с большим уклоном и шероховатостью. После того как указывается область применения существующих критерий моделирования, предлагается новый критерий устраняющий недостатки предыдущих и дает возможность использовать модели с искажениями для этой категории испытаний. Во второй части рассматривается более общий вопрос а именно ошибок вследствие отклонения от критерия Зегжды. Исследование схематического вопроса позволяет установить сравнительную применяемость общепринятого в гидравлических лабораториях способа, при котором обеспечение подобия изменений натурального режима тока достигается предварительным моделированием начального режима. Представленный метод и заключения статьи служат в особенности при испытании на модели с искажением верхнего течения рек, для решения специфических вопросов гидроэнергетического проектирования.

Realizarea unui mijloc simplu şi rapid pentru amorsarea pompelor ce funcţionează neînecat

Ing. C. DINULESCU

A. *Împrejurările în care apare această problemă.*

In majoritatea cazurilor, pompele de circulaţie (care asigură circulaţia apei de răcire prin condensatori) nu sînt înecate şi deci pentru punerea lor în funcţiune este nevoie de un dispozitiv special de amorsare.

La centralele termoelectrice mai vechi, această problemă se rezolva prin instalarea unui sorb de reţinere la partea inferioară a conductei de aspiraţie şi prin umplerea corpului pompei cu apă de la o sursă străină la fiecare pornire.

Din cauza complicaţiilor şi a perturbaţiilor de instalare la care dă loc, acest sorb de reţinere este suprimat la centralele noi. In acest caz amorsarea pompei este realizată prin unul din mijloacele următoare :

— instalarea unei pompe speciale de vid ;
— racordarea la un ejector cu abur.

Acest ultim mijloc care este foarte simplu are totuşi neajunsul că nu poate fi folosit în următoarele împrejurări :

— staţii de pompe depărtate de centrală ;
— în centralele noi construite, pînă în momentul în care se dispune în permanenţă de abur sub presiune.

Pompele de vid au neajunsul complicării instalaţiei şi cu excepţia cauzelor cînd sînt larg dimensionate, au un timp prea lung de producere a vidului. Timpul de amorsare este însă deosebit de important la pompele de circulaţie în funcţiune, dezamorsate dintr-o cauză oarecare.

Pentru rezolvarea problemei ce poate să apară în situaţiile de mai sus, se poate adopta următorul mijloc simplu care a şi fost experimentat într-o centrală termoelectrică recent pusă în funcţiune.

B. *Descrierea instalaţiei*

Instalaţia se compune din :

a) Un rezervor etanş, de mărime convenabilă, aşezat deasupra pompei şi prevăzut cu :

— un racord de umplere iniţială de la o conductă oarecare (spre exemplu conducta de hidranţi) ;
— un stuţ de evacuare a aerului în timpul umplerii.

b) O conductă de legătură între partea superioară a corpului pompei şi cea a rezervorului.

c) O conductă de scurgere a apei din rezervor în conducta de aspiraţie a pompei.

d) Diverse ventile de manevre pe conductă şi pe rezervor.

Prin scurgerea apei din rezervor, se crează vacuum în rezervor ; aerul din corpul pompei şi din conducta de aspiraţie este aspirat în rezervor. In momentul în care apa a ajuns la nivelul punctului superior al corpului pompei, se porneşte electromotorul respectiv şi pompa este amorsată şi pusă în funcţiune.

C. *Modul de deservire*

a) Prima umplere se face cu apă dintr-o conductă oarecare sub presiune spre exemplu reţeaua de conducte contra incendiului.

b) Golirea rezervorului pentru amorsarea pompei :

— cu ajutorul vanelor de la baraj se ridică la maximum nivelul de apă în puţul de aspiraţie ;
— se etanşează cu apă presetupele pompei ;
— se deschid cît mai repede ventilele V_1 şi V_2 ;
— cu ajutorul unui vacuummetru, montat pe conducta de extragere a aerului, se observă creşterea nivelului în pompă ; în momentul în care indicaţia vacuumetrului a ajuns la valoarea corespunzătoare diferenţei de înălţime h şi deci depresiunea nu mai creşte deşi nivelul continuă să se ridice însemnează că corpul pompei este plin cu apă şi deci aceasta se poate porni. După pornire, se închide ventilul V_2.

c) Reumplerea rezervorului se face foarte simplu : după pornirea pompei şi după închiderea ventilului V_2, se deschide ventilul V_3 de evacuare a aerului şi se aşteaptă cîteva minute ; cînd apare apa se închide V_3 şi apoi şi V_1, după care rezervorul este pregătit pentru amorsarea viitoare.

D. *Detalii de realizare şi de calcul*

a) Rezervorul poate fi executat dintr-un burlan de diametru mai mare (800...1 000 mm) şi cu fundurile sudate.

Solicitările mecanice sînt neglijabile, în schimb etanşeitatea trebuie asigurată printr-o sudură foarte îngrijită.

b) Inălţimea de aşezare a rezervorului. In mod teoretic înălţimea H poate fi redusă pînă la 0. Practic însă, pentru a obţine un timp de amorsare foarte scurt şi o manevră uşoară este indicat ca el să fie aşezat orizontal chiar pe planşeul sălii maşinilor.

c) Capacitatea rezervorului. Dacă însemnăm prin A m³ volumul de aer cuprins în corpul pompei delimitat de vana de refulare şi în conducta de aspiraţie pînă la nivelul maxim din puţul de absorbţie, atunci capacitatea teoretică a rezervorului trebuie să fie de :

$$C = \frac{10}{10-h} \cdot A$$

în care : h este exprimat în metri, iar C şi A în m³. Practic această valoare trebuie majorată cu 20—50% pentru a ţine seama de eventualele intrări de aer, pe la presetupe, pe la vana de refulare, precum şi de nivelul eventual ceva mai scăzut în puţul de aspiraţie, etc.

d) Conductele de scoaterea aerului şi de scurgerea apei se dimensionează după înălţimea disponibilă H şi după timpul de amorsare dorit. In mod practic diametrele respective pot fi 50 mm respectiv 100 mm.

E. *Rezultate practice obţinute*

Intr-o termocentrală recent pusă în funcţiune, care nu putea fi demarată din lipsa unei pompe de vacuum, s-a experimentat o instalaţie executată conform indicaţiilor de mai sus, cu următoarele rezultate :

a) Timpul de amorsare foarte scurt de ordin 2 minute.

b) Funcţionarea sigură, dacă presetupele sînt etanşate cu apă şi dacă în general instalaţia, pusă în depresiune, este suficient de etanşă.

c) Reumplerea se face lesne în circa 10 minute ; acest timp însă poate să fie mult scurtat prin creşterea orificiului de evacuare a aerului de la 25—50 m.

F. *Alte aplicaţii posibile*

Deosebit de aplicaţia arătată mai sus, pentru amorsarea pompelor neînecate şi neechipate cu sorburi, instalaţia descrisă poate să rezolve şi următoarele două probleme, foarte importante pentru continuitatea funcţionării turbinelor cu condensaţie :

a) Impiedicarea dezamorsării pompelor la opriri neaşteptate cauzate de întreruperea alimentării cu energie electrică a serviciilor interne.

b) Menţinerea amorsată a pompelor de rezervă.

Rezolvarea acestor două probleme este de mare utilitate practică, pentrucă :

a) Dacă la întreruperi scurte de curent (de la 2—3 min pînă la circa 15 min) pompa de circulaţie s-ar dezamorsa şi deci după restabilirea alimentării cu energie electrică, ar trebui efectuate operaţiile de reamorsare, turaţia turbinei principale va scădea mult, ajungînd chiar la zero şi deci timpul de revenire la funcţionarea normală se va lungi foarte mult. Impiedicarea dezamorsării scurtează timpul de întrerupere nu numai cu cel necesar reamorsării dar şi cu cel necesar readucerii la viteza normală a turbinei principale şi eventual chiar repornirii acesteia.

b) Pompele de rezervă, ţinute în stare neamorsată, nu pot să intervină la nevoie decît cu mare întîrziere.

Menţinerea în stare amorsată scurtează timpul de întrerupere la cel necesar deschiderii vanei

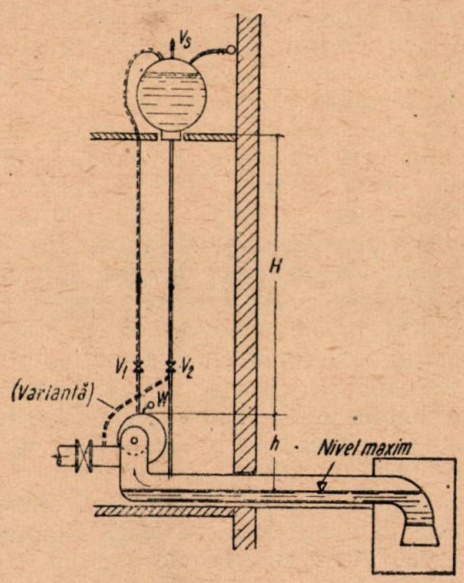


Fig. 1

de la refularea pompei, care trebuie să fie neapărat acţionată electric.

Dacă pompa respectivă este prevăzută cu o clapă de reţinere, atunci pornirea pompei de rezervă se poate face automat şi deci la turbina principală nu mai apare nici-o perturbaţie.

Rezolvarea acestor două probleme constă în aceea că aerul, ce eventual ar pătrunde pe la presetupe sau orice alte neetanşeităţi se va strînge în rezervor, menţinînd corpul pompei plin cu apă.

Folosită numai în aceste două scopuri, instalaţia poate fi executată cu un rezervor mai mic şi numai cu o singură legătură de $\theta = 50$ între partea superioară a corpului turbinei şi partea inferioară a rezervorului.

Pentru a rezolva simultan toate trei problemele de amorsare la pornire, împiedicare a dezamorsării, în funcţie şi de menţinerea amorsării în stare de rezervă, este suficient ca conducta de scurgere din rezervor să fie racordată la refularea pompei, fie la corp fie la conductă (vezi fig. traseu punctat). In acest caz, ventilele V_1 şi V_2 trebuie ţinute deschise în timpul funcţionării.

Trusă portativă pentru verificarea pe teren a releelor tip varmetric de punere la pămînt

Aparatul de verificare a releelor varmetrice de punere la pămînt constituie o importantă realizare care aduce o îmbunătăţire simţitoare în această muncă, făcînd folosibilă efectuarea operaţiei chiar pe teren.

Prin aceasta nu mai este nevoie ca releele să fie demontate periodic şi verificate în laborator la staţie cu decalor. Aparatul este util în special unităţilor care n-au staţie reglabilă cu posibilitate de decalare a curentului.

Pentru controlul pe teren a releelor de punere la pămînt este nevoie de două surse distincte, una de curent şi alta de tensiune, cu decalaj de 90° între ele.

Pentru a permite un control mai des şi pentru a uşura munca echipelor de relee, am construit o astfel de trusă care livrează la borne tensiune şi curentul în cuadratură.

Aparatul este construit dintr-un miez de oţel, cu 3 coloane pe care se află dispuse:

— 3 bobinaje de 110 V legate în triunghi, care se conectează la o sursă trifazică de 110 V între faze;

— 2 bobinaje a 58 V fiecare, înfăşurate pe coloanele extreme, care se leagă în opoziţie şi constituie o sursă cu tensiune constantă de 100V;

— 1 bobinaj de 5 V, înfăşurat pe coloana mediană, care constituie sursa de intensitate.

Datorită particularităţii montajului, tensiunile celor 2 bobinaje secundare se află decalate la 90°.

Pentru ca curentul debitat de înfăşurare de curent să aibă un unghi de fază bine stabilit şi să nu fie influenţat de unghiul propriu al bobinei de intensitate a releului, s-a intercalat o rezistenţă serie de 9,5 Ω.

Această rezistenţă îndeplineşte şi rolul de limitator de intensitate în jurul valorii de 0,5 A.

Puterea reactivă debitată de trusă are valoarea de circa 50 VA, ceea ce reprezintă în medie de 3 ori puterea minimă de acţionare a oricărui releu de punere la pămînt. În acest fel, se poate verifica acţionarea sigură a acestor relee.

Întrucît decalajul relativ al vectorilor de tensiune şi curent trebuie să fie bine determinat, pentru ca releul să acţioneze în sensul corect, este necesară o anumită conectare a tensiunii trifazice de alimentare. Pentru verificarea succesiunii fazelor, trusa a fost prevăzută cu un indicator de faze care acţionează asupra unui bec de control. În cazul cînd succesiunea este corectă, becul roşu se aprinde.

Pe teren verificarea releelor se face în felul următor:

1. Se deconectează un pol al circuitului de tensiune al releului.

2. Se conectează circuitele de intensitate şi tensiune ale trusei cu cele ale releului, conform unei scheme de conectare pentru fiecare tip de releu.

3. Se alimentează trusa cu tensiunea trifazică de la clemele de tensiune conectate la reductorii de tensiune şi celului de verificat sau ai

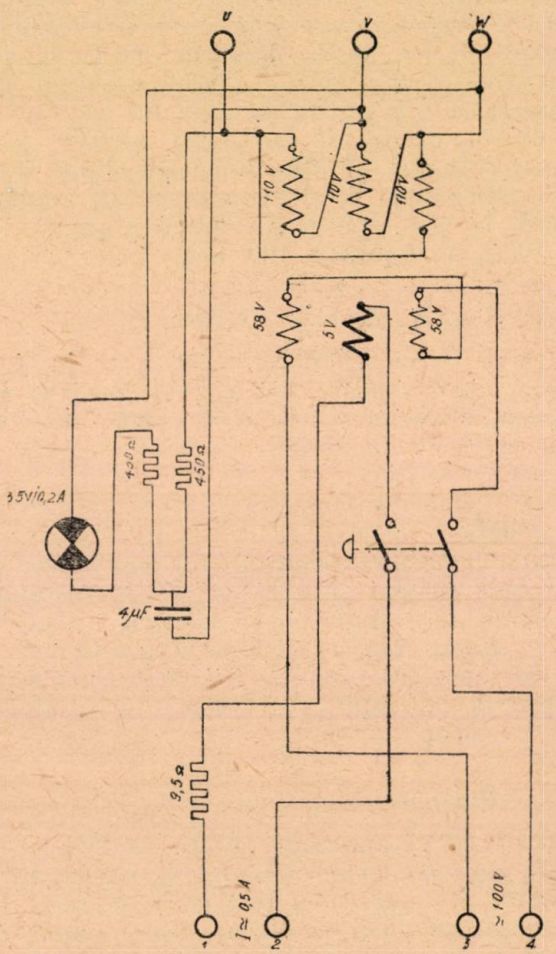


Fig. 1. Trusă de verificare a relelor de punere la pămînt. Schemă de principiu,

unei celule alăturate. Se va avea grijă să se aleagă conectarea pentru care becul de control rămîne aprins.

4. Se apasă pe butonul de acţionare, pentru alimentarea releului. Dacă releul este în stare bună de funcţionare atunci va trebui să închidă contactul de lucru şi să dea comanda de semnalizare.

5. Toate elementele trusei, adică transformatorul trifazic, indicatorul de sens, butonul de acţionare şi bucşele de alimentare sînt montate într-o cutie metalică cu mîner de dimensiunile 270 × 195 × 135, avînd o greutate de circa 5 kg.

Instalaţiile de acumulatoare

CAPITOLUL XXXI

Ing. G. MANOLESCU

Instalarea bateriilor de acumulatoare în încăperi speciale izolate şi ventilate, (paragraful 815) şi nu în aceeaşi încăpere cu restul echipamentului se face pentru a se evita coroziunea echipamentului şi exploziile, care pot fi produse de gazele emanate în timpul încărcării,de bateriile de acumulatoare staţionare.

Acidul sulfuric în cazul acumulatoarelor cu plăci de plumb are o acţiune distructivă asupra majorităţii metalelor, asupra vopselelor pe bază de ulei şi apă, asupra suprafeţelor de contact şi asupra izolaţiei cu structură fibroasă, iar baza, în cazul acumulatoarelor alcaline, asupra aluminiului şi aliajelor sale. De asemenea gazele, emanate la încărcare de ambele tipuri de acumulatoare, sînt un amestec explozibil de oxigen şi hidrogen, cunoscut sub numele de „gaz detonant".

Rolul anticamerei (paragraful 815) este de a evita răspîndirea gazelor prin uşa camerei de acumulatoare. Anticamera va avea două uşi, ambele deschizîndu-se spre exterior. Dimensiunile anticamerii vor fi astfel alese încît fiecare uşă să poată fi închisă şi deschisă cînd cealaltă este închisă. Anticamera trebuie să aibă acces într-un coridor, şi în nici un caz într-o încăpere de locuit.

Pentru acumulatoarele de 24—48 volţi nu se iau aceleaşi măsuri deoarece aceste baterii de acumulatoare, folosite pentru protecţie, telecomunicaţii, semnalizări de incendiu etc. au o capacitate mică şi ocupă un loc atît de redus încît pot fi instalate în dulapuri ventilate, construcţia unor încăperi izolate nefiind economică. Uşile dulapurilor trebuie să se închidă etanş, pentru a evita scăpările de gaze şi să aibă geamuri pentru supravegherea acumulatoarelor.

Prin faptul că acumulatoarele alcaline îşi pierd iremediabil capacitatea dacă în interiorul lor pătrunde acid sulfuric, se interzice instalarea în aceeaşi încăpere (paragraful 815) a ambelor tipuri de acumulatoare.

Vopseaua rezistentă la acizi (paragraful 816) se întrebuinţează nu numai pentru a împiedica acţiunea corosivă a acidului din atmosferă asupra metalelor, lemnului etc. din încăpere, ci şi pentru a menţine şi caracteristicile acumulatoarelor. În adevăr, în cazul unor încărcări repetate ale acumulatoarelor, ceaţa acidă depusă pe construcţii atacă metalul respectiv care trece în soluţie în picătura de acid. Picăturile care conţin oxizi de fier, căzînd în acumulatoare, provoacă o autodescărcare rapidă a lor. S-a stabilit că în cazul cînd electrolitul conţine numai 0,015% oxid de fier, autodescărcarea acumulatorului se măreşte de 4 — 5 ori. În plus, oxizii de fier din electrolit fiind şi greu de îndepărtat, protecţia tuturor suprafeţelor contra acţiunii acidului este absolut necesară.

Întrebuinţarea vopselii rezistente la acizi (paragraful 817) nu este necesară în cazul acumulatoarelor alcaline, atît din cauză că vaporii şi stropii de electrolit emanaţi în timpul încărcării nu au o acţiune corosivă asupra lemnului şi metalelor feroase, cît şi datorită construcţiei închise a acestor acumulatoare, fapt care micşorează mult antrenarea electrolitului de către gaze. Însă cuprul, fiind întrucîtva solubil în electroliţii alcalini, este metalul care dăunează cel mai mult acumulatoarelor alcaline şi de aceea barele de cupru ale instalaţiei trebuie vopsite cu vopsea de email şi unse cu vaselină tehnică. O măsură specială se aplică la vopsirea stelajelor (paragraful 817); aceasta pentru a evita formarea punţilor bune conducătoare de electricitate ce s-ar forma între elemente, prin impregnarea cu electrolit a materialului lemnos al stelajelor.

O altă măsură necesară, pentru reducerea acţiunii vaporilor de acid, este micşorarea antrenării acidului de către gaze prin acoperirea cu geamuri a elementelor de acumulatoare. Pentru a se evita scurgerea pe stelaje a electrolitului de pe geamurile de acoperire, acestea trebuie aşezate înclinat şi să nu depăşească gabaritul vasului.

O atenţie deosebită trebuie acordată ventilaţiei încăperilor de acumulatoare (paragraful 820) menită să împiedice o concentraţie periculoasă pentru explozie a hidrogenului şi o concentraţie a gazelor şi a ceţii de acid sulfuric vătămătoare pentru personal. Cantitatea de aer curat nece-

sară în camera acumulatoarelor este dată de formula :

$$V = 0{,}07\ I \cdot n\ \text{m}^3/\text{h}$$

în care :

I este curentul maxim de încărcare în amperi ;
n — numărul elementelor în bateria de acumulatoare.

Faptul că vaporii de acid sulfuric sînt mai grei decît aerul şi se adună în special în partea de jos a încăperii iar hidrogenul se strînge sub tavanul încăperii, justifică obligativitatea absorbţiei gazelor atît din partea inferioară cît şi din cea superioară a încăperii de acumulatoare (paragraful 820). Introducerea canalelor de ventilaţie a încăperilor de acumulatoare în canalul de fum sau în canalul general de ventilaţie al clădirii ar putea da naştere la explozii şi ar coroda materialele din care sînt făcute aceste canale. De aceea evacuarea gazelor în atmosferă trebuie făcută printr-o coloană de ventilaţie separată, care să depăşească cu cel puţin 1 500 mm acoperişul clădirii ; aceasta pentru a evita distrugerea rapidă a acoperişului de către vaporii de acid sulfuric ce se condensează.

Prin faptul că în timpul descărcării acumulatoarele nu emană gaze, încăperile în care se găsesc acumulatoare încărcate în altă parte nu au nevoie de ventilaţie (paragraful 820).

Menţinerea între anumite limite a temperaturii, în camera acumulatoarelor, este o condiţie esenţială pentru asigurarea unei uzuri normale şi a unei capacităţi optime a bateriei de acumulatoare. Capacitatea este determinată de proprietăţile fizice ale electrolitului, care la rîndul lor depind de temperatura electrolitului.

O temperatură prea mare a electrolitului duce la uzarea prematură a beţişoarelor dintre plăci. S-a constatat că la o temperatură a electrolitului de 40° plăcile durează de trei ori mai puţin decît la o temperatură a electrolitului de 25°C. De asemenea la o temperatură de 40°C, autodescărcarea acumulatorului este de două ori mai mare ca la 25°C. Tot o urmare a unei temperaturi prea ridicate în încăperea acumulatoarelor este şi formarea în masa activă a plăcilor a unor cristale mari de sulfat de plumb ($PbSO_4$) care astupă porii acestei mase, împiedicînd astfel pătrunderea electrolitului în interiorul ei şi deci funcţionarea acumulatorului. Temperaturile ridicate de ordinul 40 . . 45°C în încăperea acumulatoarelor pot fi produse de razele solare contra cărora se prescriu anumite măsuri (paragraful 818).

Temperatura prea scăzută măreşte rezistenţa electrică şi vîscozitatea electrolitului astfel că la descărcare acesta pătrunde mai greu în masa activă a plăcilor, ceea ce are drept efect o scădere a capacităţii acumulatorului. Cu cît curentul de descărcare este mai mare cu atît şi scăderea relativă a capacităţii este mai mare. Menţinerea capacităţii maxime a acumulatoarelor este asigurată atunci cînd temperatura în încăperile de acumulatoare este menţinută între + 15 . . + 20°C ; o scădere sub + 10°C (paragraful 821) duce la scăderea bruscă a capacităţii (fig. 1 şi 2)

Ca metodă de încălzire în timpul iernii a încăperilor de acumulatoare, se prescrie aerotermele (paragraful 821). Considerentele de ordin tehnic ce stau la baza acestui sistem de încălzire, sînt : evitarea unei încălziri unilaterale a acumulatoarelor prin radiaţia suprafeţii de încălzire şi încălzirea uniformă a întregului volum al încăperii. Încălzirea aerotermelor, situate în afara încăperii de acumulatoare, trebuie să se facă cu abur sau cu apă fierbinte.

La încălzirea cu abur sau cu apă (paragraful 821) a camerilor de acumulatoare, ţevăria nu trebuie să aibă legături demontabile, şi armă-

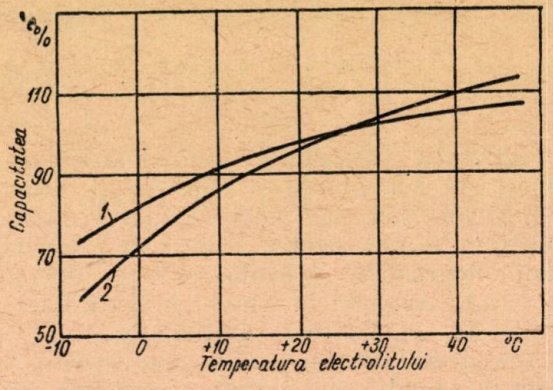


Fig. 1: Dependenţa de temperatură a capacităţii acumulatoarelor cu plăci de plumb:
1 — descărcare în regim de 6 ore; 2 — descărcare în regim de 1 oră.

turi de închidere deoarece în caz de neetanşeităţi, scăpările de apă sau de abur pot să deterioreze acumulatoarele şi să dăuneze purităţii electrolitului, ceea ce duce la scoaterea din funcţie a bateriei pentru vreme îndelungată.

Rredresoarele cu mercur, folosite pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare, trebuie să

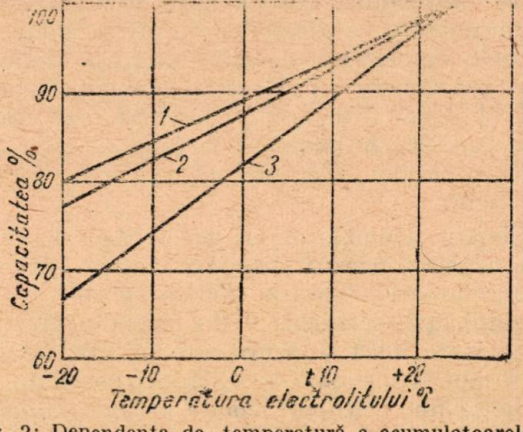


Fig. 2: Dependenţa de temperatură a acumulatoarelor feronichel:
1 — descărcarea în regim de 40 ore; 2 — descărcarea în regim de 3 ore.

se conecteze la reţeaua de curent alternativ printr-un transformator (paragraful 825) al cărui punct neutru este folosit pentru legarea „minusului" curentului redresat. Folosirea autotransformatorului este interzisă, întrucît în acest caz reţeaua de curent continuu ar fi legată direct la reţeaua de curent alternativ. Aceasta înseamnă că o punere la pămînt în reţeaua de curent alternativ echivalează cu o punere la

pămînt în reţeaua de curent continuu. De asemenea în cazul unei puneri la pămînt simultane în reţele de curent alternativ şi continuu, sînt posibile funcţionări greşite ale protecţiei şi ale dispozitivelor pentru comanda la distanţă. Tot datorită autotransformatorului, în cazul unei puneri la pămînt în reţeaua de curent alternativ în anumite condiţii, sînt posibile supratensiuni pe partea de curent continuu, periculoase pentru receptoarele de curent, din cauza însumării tensiunii reţelei de curent alternativ şi a tensiunii bateriei de acumulatoare. Transformatorul de izolare (paragraful 825) exclude această legătură directă între reţeaua de curent alternativ şi continuu. Pentru a se evita punerea la pămînt a polului negativ al bateriei, în cazul cînd aceasta alimentează iluminatul de siguranţă, conductorul de nul al reţelei iluminatului de siguranţă nu trebuie pus la pămînt (fig. 3).

Asigurarea alimentării neîntrerupte a dispozitivelor de protecţie, comandă şi semnalizare

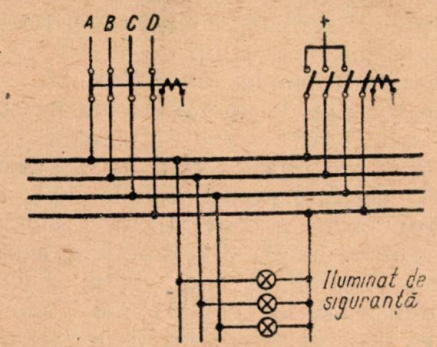


Fig. 3: Schema de comutare a iluminatului de siguranţă pe bateria de acumulatoare.

fiind foarte importantă, schema de distribuţie a curentului continuu trebuie astfel executată încît să prezinte o siguranţă deplină. Măsurile prescrise în paragraful 827 şi 828 au tocmai acest scop. Menţinerea izolaţiei circuitelor secundare la un nivel care să excludă posibilitatea apariţiei punerilor la pămînt, evită anclanşările şi declanşările inutile ale întrerupătoarelor, generatoarelor, transformatoarelor şi altor elemente de mare importanţă, ce ar putea fi provocate de o dublă punere la pămînt în sistemul curentului continuu operativ.

Prescripţiile de exploatare tehnică prevede (paragraful 854) ca „rezistenţa izolaţiei circuitelor secundare faţă de pămînt, măsurată cu ajutorul megohmetrului de 500 — 1 000 V" . . . " să fie de cel puţin 1 MΩ pentru fiecare conexiune". Se poate considera că nivelul izolaţiei reţelei de curent continuu operativ a atins limita inferioară şi poate da naştere la o avarie, atunci cînd rezistenţa izolaţiei unuia dintre poli a scăzut pînă la 4 — 6 000 Ω în reţeaua de 110 V şi pînă la 15 — 20 000 Ω în reţeaua de 220 V. Este deci necesar un „control permanent" al acestei izolaţii şi „semnalizarea punerilor la pămînt" (paragraful 827) cu ajutorul unui dispozitiv special.

Pentru o bună exploatare a acumulatoarelor, este necesară cunoaşterea proceselor chimice şi electrice ce au loc în acumulatoare. O deservire necorespunzătoare, regimuri incorecte de încărcare şi descărcare, reparaţii care nu sînt făcute la timp, au drept rezultat scoaterea rapidă a acumulatoarelor din funcţie. În condiţii normale cu o bună supraveghere, bateriile de acumulatoare cu plăci de plumb, funcţionează 8—9 ani fără să fie nevoie de schimbarea plăcilor. Maistrul de acumulatoare (paragraful 831), trebuie instruit pentruca să facă în mod corect încărcările şi descărcările acumulatoarelor, să stabilească cauzele şi caracterul defectelor acumulatoarelor, după indicii exteriori şi după indicaţiile aparatelor şi să înlăture defectele constatate.

Exploatarea bateriilor de acumulatoare se face de regulă după metoda încărcare permanentă (paragraful 838) din cauză că prin această metodă încărcarea şi descărcarea bateriei făcîndu-se rar, plăcile se uzează mai puţin în cazul exploatării după metoda încărcare-descărcare. Acest lucru se datoreşte faptului că stratul de masă activă al suprafeţelor plăcilor pozitive ale acumulatoarelor cu plăci de plumb, nefiind suficient de stabil, variaţiile de volum ale masei, datorite încărcărilor şi descărcărilor, provoacă o cădere treptată a stratului de masă de la suprafaţă. Această cădere este intensificată şi prin formarea intensă de gaz la sfîrşitul încărcării. Gazele ce ies din porii plăcii, antrenează particule de masă activă, ceea ce face ca plăcile pozitive să fie distruse treptat cu fiecare încărcare şi descărcare. În ceea ce priveşte regimurile de încărcare şi descărcare a acumulatoarelor, trebuie să se respecte cu stricteţe instrucţiunile fabricei furnizoare a acumulatoarelor şi prevederilor STAS 445—52.

Deoarece de proprietăţile fizice ale electrolitului depinde capacitatea acumulatorului, este necesar să se facă, cel puţin odată pe an, (paragraful 833), analiza acidului şi a apei distilate de completare, care nu trebuie să conţină clor si fier, (paragraful 833). Într-adevăr în timpul exploatării, în electrolitul acumulatoarelor cu plăci de plumb, pătrund diferite corpuri străine, introduse în cea mai mare parte odată cu apa distilată de completare şi cu acidul sulfuric. Din cauza vaporizării apei din electrolit, concentraţia de corpuri străine se măreşte peste limita admisă.

În cazul cînd în electrolitul unui acumulator aflat în funcţie se găseşte mai mult de 0,008% fier sau mai mult de 0,001% clor (cu acid clorhidric) electrolitul trebue înlocuit în cel mai scurt timp.

Proporţia de corpuri străine în acidul sulfuric pentru acumulatoare nu trebuie să depăşească pe cea prevăzută în STAS 164 — 51. În apa distilată de completare se admite prezenţa acelorași corpuri străine ca şi în acidul sulfuric dar în concentraţii de 10 ori mai mici.

Se interzice categoric folosirea condensatului de la turbine pentru umplerea acumulatoarelor, deoarece acesta conţine impurităţi de fier şi cupru.

Metodele de analiză pentru determinarea proprietăţilor fizico-chimice ale electrolitului sînt

cele din STAS 164 — 51 iar cele pentru determinarea clorului, fierului şi cuprului în apa distilată de completare, sînt date în diferitele tratate de specialitate şi se prescriu de laboratorul chimic al energotrustului sau al energocombinatului.

O serie de factori fac ca autodescărcarea elementelor unei baterii de acumulatoare să difere de la element la element. Astfel, elementele situate în apropierea instalaţiilor de încălzit au o autodescărcare mai mare decît elementele mai depărtate; elementele cu plăci vechi sau cu electrolit conţinînd impurităţi au de asemenea o descărcare mai mare decît elementele cu plăci noi sau cu electrolit curat.

O baterie de acumulatoare care funcţionează după metoda încărcării permanente, acumulatoarele cu autodescărcare mai mare îşi pierd treptat capacitatea utilă, deoarece curentul normal de încărcarea permanentă nu mai este suficient pentru aceste elemente, care vor fi supuse unei sulfatări intense dacă nu se iau măsuri de echilibrare. Aceste fenomene se evită prin descărcarea şi încărcarea de echilibrare a acestor baterii odată pe lună, (paragraful 834).

Dacă există baterie de rezervă încărcarea de echilibrare se face astfel:

a) Se deconectează bateria de la agregatul de încărcare permanentă şi se descarcă, în orice regim, pînă la 50% din capacitatea nominală.

b) Se încarcă apoi bateria în mod obişnuit.

c) După terminarea încărcării normale, bateria se lasă în repaos 1—2 ore şi apoi se încarcă timp de o oră cu un curent egal cu 0,25 — 0,75 din curentul de descărcare în regim de 10 ore, după care este iar lăsată în repaos 1 — 2 ore. Aceste reîncărcări se repetă de două sau trei ori, pînă cînd începe o emanare abundentă de gaze la plăcile pozitive şi negative ale tuturor elementelor, imediat ce s-a conectat bateria pentru încărcare.

Cînd există o singură baterie şi cînd, din motive de siguranţă nu este posibilă o descărcare pînă la 50% din capacitatea nominală, încărcarea de echilibrare se poate face şi fără o descărcare prealabilă. Această încărcare de echilibrare se face fără a deconecta sarcina, ci numai prin ridicarea tensiunii de încărcare permanentă pînă la 2,3 — 2,33 V pe element. Prin aceasta se măreşte curentul şi elementele cu autodescărcare mare se reîncarcă.

În acest caz încărcarea de echilibrare se consideră terminată cînd tensiunea şi densitatea electrolitului fiecărui element, atîngînd o anumită valoare, rămîn neschimbate timp de o oră. Durata încărcării de echilibrare depinde de starea bateriei şi de valoarea tensiunii, fiind cuprinsă între 3 şi 20 ore.

Se atrage atenţia că încărcarea de echilibrare fără o descărcare prealabilă are dezavantajul că elementele bune se supraîncarcă un timp îndelungat, iar masa activă a plăcilor negative este supusă mai repede contracţiilor.

Din cauză că la bateriile de acumulatoare, care funcţionează după metoda încărcare-descărcare, în timpul încărcărilor normale, elementele cu autodescărcare mare se subîncarcă cu fiecare încărcare, încărcarea de echilibrare se face numai odată la 3 luni (paragraful 835). În afară de încărcările de echilibrare periodice ce se fac odată la 3 luni, ele mai trebuie făcute şi atunci cînd, după o descărcare completă, bateria nu a fost pusă la încărcare timp de 1 — 2 zile sau a fost încărcată incomplet de cîteva ori.

Deşi în bateriile de acumulatoare nu sînt posibile avarii bruşte care să scoată întreaga baterie din funcţiune, totuşi neînlăturarea la timp chiar de către personalul de exploatare, a unei avarii, poate în scurt timp să conducă la o scoatere iremediabilă din funcţiune a bateriei. Efectuarea controlului, paragraful 836, zilnic şi săptămînal, are de scop tocmai eliminarea şi prevenirea oricărui defect oricît de mic şi neînsemnat ar părea el

De executarea cu conştiinciozitate, competenţă şi simţul răspunderii a sarcinilor de control a instalaţiilor de acumulatoare ce revine personalului de serviciu, maistrului secţiei electrice sau şefului staţiei electrice, depinde buna şi sigura funcţionare a instalaţiilor de protecţie prin relee, a mecanismelor de acţionare la distanţă şi a telecomunicaţiilor.

Bibliografie

[1] *Ustinov P. I.*: Bateriile de acumulatoare, EES, 1954
[2] *Graciov C. I.*: Acumulatori alcalini, EES, 1953
[3] ***: Auxiliar la studiul regulilor de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice, Gosenergoizdat 1954.

Probleme actuale în dezvoltarea centralelor termoelectrice cu abur

Ing. N. DĂNILĂ

Viaţa modernă a omului cere cantităţi din ce în ce mai mari de energie, sub toate formele ei, dar mai ales sub forma de energie electrică.

Pentru a face faţă cererilor mereu crescînde de energie, cu tot efortul ce se face în domeniile construcţiilor marilor centrale hidroelectrice este nevoie să se instaleze masiv, centrale termoelectrice, care acoperă astăzi mai mult de trei sferturi din producţia mondială de energie electrică.

Problemele legate de perfecţionarea centralelor termoelectrice constituie de aceea o preocupare importantă şi permanentă a energeticienilor din acest domeniu. Ele se referă în primul rînd la principalele metode pentru îmbunătăţirea randamentului centralei termoelectrice: ridicarea presiunii şi temperaturii aburului viu, mărirea puterii unitare a instalaţiilor, preîncălzirea apei de alimentare, mărirea vidului în condensatorul turbinei de abur, supraîncălzirea intermediară, producerea combinată de energie electrică şi termică (termoficarea), folosirea ciclurilor cu două fluide (binare) îmbunătăţirea randamentului fiecăreia din instalaţiile centralei, reducerea consumului serviciilor interne, care a fost pusă parţial în funcţiune, ca şi la metodele pentru mărirea siguranţei de exploatare şi micşorarea preţului de cost.

Posibilitatea folosirii energiei nucleare drept combustibil în centralele electrice cu abur deschide noi perspective dezvoltării acestora.

In cele de faţă se expun cîteva din problemele actuale mai importante în domeniul centralelor termoelectrice cu abur şi felul cum sînt rezolvate în diferite ţări şi mai ales în Uniunea Sovietică.

I. Probleme legate de îmbunătăţirea randamentului centralei termoelectrice

1. **Ridicarea presiunii şi temperaturii aburului viu. Creşterea puterii unitare a instalaţiilor Supraîncălzirea intermediară.**

a) In U.R.S.S. Urmărind dezvoltarea centralelor termoelectrice din U.R.S.S. se constată o tendinţă continuă de a ridica parametrii aburului şi puterea unitară a instalaţiilor.

Incă acum 25 ani, a fost construită: o CET cu abur de 140 ata, 500°C la Moscova, pe lîngă Institutul Termotehnic Unional (VTI) şi o CET cu abur de 60 ata, 450°C în Ural, oglindind cele două tendinţe existente atunci în U.R.S.S.: construirea de centrale cu presiuni ale aburului viu peste 100 ata, cu supraîncălzire intermediară şi epurare termică a apei de adaos, respectiv cu presiunea aburului viu sub 100 ata, fără supraîncălzire intermediară şi cu epurare chimică a apei de adaos.

Lucrările unor institute de cercetări au arătat, în 1938—1939, avantajiile folosirii aburului viu de 100 ata, 500°C, fără supraîncălzire intermediară, cu epurare chimică a apei de adaos, contribuind la introducerea acestor parametri în standard (GOST-1947). Astăzi tipul de bază, predominant, al centralei termoelectrice din U.R.S.S. este centrala cu parametrii 90 ata, 500°C la turbină (care realizează o economie de combustibil de 12—14%, faţă de centrala cu 29 ata, 400°C).

Inainte de război au mai fost construite centrale cu parametrii aburului 140 ata, 500°C şi cicluri suprapuse cu parametrii 125 ata, 475°C. In timpul războiului Uzina Metalurgică din Leningrad (LMZ) a construit primele turbine de 25—100 MW cu 90 ata, 480 ... 500°C.

In 1945 începe discuţia pentru alegerea unor parametri mai ridicaţi ai aburului pentru noile centrale de putere mare. Problema a fost pusă pentru prima dată la Conferinţa problemelor energetice postbelice, convocată de Institutul Energetic din Moscova (MEI), în 1945 cu participarea tuturor institutelor de proiectări. La această conferinţă s-au propus două presiuni iniţiale ale aburului: 170 ata şi 250 ata. Rezultatul discuţiilor a condus la alegerea parametrilor: 170 ata, 550°C, cu supraîncălzire intermediară la 520°C — pentru o centrală nouă cu condensaţie (realizînd o economie de combustibil de 27% faţă de centrala cu 29 ata, 400°C) şi a parametrilor 200 ata, 550°C pentru ciclurile suprapuse, cu cazane cu circulaţie forţată şi supraîncălzire intermediară la 520°C (care realizează o economie de combustibil de 30% faţă de centrala cu 29 ata 400°C).

Pe baza studiilor şi proiectelor institutelor de cercetări şi proiectări (VTI — Institutul Termotehnic Unional, TKTI — Institutul Central pentru construcţia de Cazane şi Turbine, ENIN — Institutul de Energetică al Academiei de Ştiinţe, MEI — Institutul Energetic din Moscova, TEP — Teploelectroproiect) se construieşte în ultimii ani o mare centrală cu condensaţie. Echipamentul principal al primei etape se compune din: o turbină de 150 MW şi două cazane de debit 240 t/h fiecare, cu instalaţiile lor auxiliare.

Turbina SVK — 150 (SV = iniţiale pentru abur supraînalt), de putere 150 MW, turaţie 3 000 rot/min, compusă din trei corpuri (înaltă, medie şi joasă presiune) aşezate pe acelaşi ax, a fost construită de Uzina Metalurgică din Leningrad (LMZ) în 1952. Lungimea ei totală este de circa 21 m, iar greutatea totală 420 t. (fig. 1). Caracteristicile aburului sînt: la intrarea în corpul de înaltă presiune — 170 ata, 550°C, la ieşirea din corpul de înaltă presiune — 34 ata, 340°C, la intrarea în corpul de medie presiune, (după supraîncălzire intermediară) — 525°C. Vidul din condensator — 0,03 ata.

Cazanul este cu circulaţie naturală debit 240 t/h; produce abur de 175 ata şi 555°C; arde combustibil inferior din regiunea Moscova, cu un conţinut de 27—30% cenuşă şi pînă la 35% umiditate, adică total circa 60% balast. Volumul focarului, în care se ard peste 2 000 t/zi cărbune, este de circa 1 500 m³. Pentru a se asigura producerea unui abur cît mai curat (cantitatea de impurităţi trebuie să nu depăşească 0,05 g/t abur), au fost elaborate metode speciale de control, dintre care cea mai interesantă se bazează pe folosirea „atomilor marcaţi". Randamentul maxim al cazanului se apropie de 90%. Construcţia cazanului a fost executată de uzina din Taganrog (TKZ), cu colaborarea Institutului Termotehnic Unional şi a catedrelor de la Institutul Energetic din Moscova.

Piesele turbinei şi cazanului au fost calculate pentru 100 000 ore de funcţionare, în care timp alungirea materialului nu va depăşi 1%. Randamentul maxim al centralei este de 37%, cu un consum specific de combustibil de 0,33 kg/kWh.

Trecerea la parametrii aburului 170—200 ata, 550°C reprezintă un salt calitativ mult mai important decît fusese trecerea de la 29 ata, 400°C, la 90 ata, 500°C. Într-adevăr: — Condiţiile în care se face vaporizarea, procesele fizico-chimice din cazan, proprietăţile agentului termic, se schimbă la aceşti parametrii. De exemplu: unele săruri devin uşor antrenabile în abur; condiţiile de separare

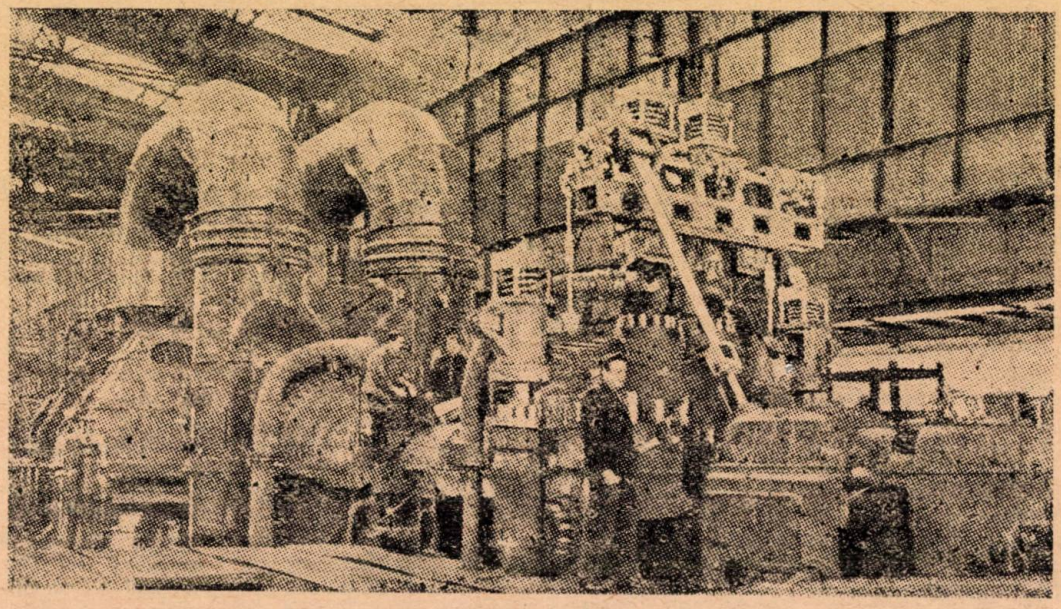


Fig. 1. Turbina SVK-150.

a aburului şi mişcarea pe ţevi a amestecului apă-abur, sînt altele.

Pentru a cerceta proprietăţile aburului la presiuni înalte au fost construite în U.R.S.S. cazane experimentale, în 1946, la catedra de Cazane a Institutului de Energetică din Moscova, pentru presiuni pînă la cea critică; în 1949 la Institutul Termotehnic Unional, cu parametrii aburului pînă la 300 ata şi 600°C, cu trecere forţată; în 1953, tot la VTI, pentru parametrii aburului pînă la 200 ata şi 600°C, cu circulaţie naturală s-a propus recent construirea unei instalaţii experimentale industriale cu abur pînă la 300 ata şi 650°C, sub forma de ciclu suprapus, la centrala raională Caşira.

— Datorită micşorării cantităţii de căldură necesare vaporizării şi creşterii cantităţii de căldură necesare supraîncălzirii iniţiale şi intermediare, însuşi profilul cazanului suferă modificări.

— Numărul prizelor de abur, regenerative, ale turbinei creşte de la 3 (pentru parametrii 29 ata, 400°C) şi 5—6 (pentru 90 ata, 500°C), la 7 (pentru 170 ata, 550°C). Schema termică a centralei se complică.

— Epurarea chimică trebuie să fie deosebit de eficace, pentru a se obţine o apă de adaos cît mai curată. Astăzi în U.R.S.S. se foloseşte la instalaţiile de înaltă presiune, epurarea chimică (spre deosebire de primele centrale de înaltă presiune care erau prevăzute cu instalaţii de vaporizare). Se recomandă în special metoda de epurare H —Na cation.

De asemenea pentru a obţine abur cît mai curat se foloseşte vaporizarea în trepte, soluţie propusă în 1937 de Romm E. I., care constă în împărţirea volumului de apă al cazanului în compartimente cu concentraţie diferită de săruri.

— Apare necesară supraîncălzirea intermediară a aburului, pentru a nu se depăşi umiditatea maximă admisibilă la ultimele palete ale turbinei. Astăzi această umiditate maximă admisibilă este de 15% (la turbinele sovietice de 50 şi 100 MW este 12—15%). Supraîncălzirea intermediară a aburului complică exploatarea şi construcţia agregatelor centralei.

— Consumul de energie pentru acţionarea pompelor de alimentare creşte (de exemplu puterea motorului electric al pompei de alimentare de la cazanul de 230 t/h este de 2 000 kW). Se propune în ultimul timp funcţionarea normală cu turbopompe, care permite o micşorare a consumului de energie electrică a serviciilor interne.

— Temperatura finală de preîncălzire a apei de alimentare creşte (de la 150°C la centrala cu parametrii 29 ata, 400°C, la 215°C la cea cu 90 ata, 500°C şi la 240°C la cea cu 170 ata, 550°C).

— Legătura dintre cazan şi turbină se face de regulă după schema bloc (cazan-turbină), atît în U.R.S.S., cît şi în alte ţări, pentru a simplifica şi ieftini construcţia şi exploatarea conductelor de abur şi a reduce pierderea de presiune şi temperatură a aburului. Pentru centrala de 170 ata, 550°C, din nevoia de a avea un cazan de rezervă, s-a prevăzut şi o coductă de legătură. Schema bloc propriu-zisă, fără conducta de legătură, poate fi aplicată în toate cazurile la ciclurile suprapuse, unde nu este nevoie de cazane speciale de rezervă (cazanele de joasă presiune servesc ca rezervă). Tot pentru a scurta conductele de abur şi apă, clădirea principală a centralei de parametrii înalţi, se construieşte cu încăperea buncherelor de cărbune spre exterior. Ridicarea parametrilor aburului este limitată de posibilităţile metalurgiei de a pune la dispoziţie calităţi de oţeluri care să reziste la temperaturi şi presiuni mari. Pînă la 130 ata, 535°C se folosesc oţelurile perlitice, peste oţelurile austenitice [14].

Construcţii de cazane remarcabile sînt cele cu focar ciclon, ca şi cele cu evacuare lichidă a sgurii.

Pentru următorii ani se poate prevedea în U.R.S.S. o creştere a puterii unitare a turbinelor de abur, pentru centrale electrice mari de bază, pînă la 200—250 MW şi o sporire a debitului unitar al cazanelor la 400 t/h (a fost propusă recent normalizarea acestui debit).

b) *În alte ţări.* Deşi primele turbine de abur de putere 100—160 MW, pentru presiuni medii, au fost instalate în S.U.A. încă acum 25 ani, creşterea ulterioară a puterii unitate s-a oprit în perioada dintre cele două războaie. Chiar în timpul celui de al II-lea război mondial agregatele de peste 100 MW se instalau rar şi nu se aflau incluse în proiectul de standard pentru turbine.

În Europa Apuseană puterea unitară a agregatelor a crescut şi mai încet, avînd în vedere puterea mai mică a

sistemelor energetice, cu toate că înaintea celui de al II-lea război mondial au fost puse în funcțiune primele agregate de 100 MW în Anglia și Germania. (Aceste agregate erau construite pentru turații 1 500—1 800 rot/min; prima turbină de 100 MW și 3 000 rot/min a fost construită în U.R.S.S.).

După cel de al II-lea război mondial numărul agregatelor mari din centralele termoelectrice din Europa de Vest crește foarte încet. În Anglia de exemplu, puterea unitară maximă instalată nu depășește astăzi 105 MW; apariția grupurilor de 120 MW este prevăzută deabia peste 2—3 ani.

În Germania de Vest se construește în prezent prima centrală cu turbine de 150 MW. Energetica franceză a păși oarecum mai hotărît pe calea folosirii agregatelor de mare putere; în ultimii 10 ani s-au instalat mai multe agregate de 100—117 MW (la Gennevilliers, Carling, Grossbliederstroff, Arrighi). Debitul unitar al cazanelor proiectate pentru noile centrale electrice vest-europene nu depășește astăzi 400 t/h. În majoritatea cazurilor cazanele sînt prevăzute să ardă combustibili superiori.

Mult mai larg se folosesc agregatele de mari puteri și parametri în ultimii ani în S.U.A., ajungîndu-se pînă la puteri unitare de 200—260 MW. Numărul prizelor de abur regenerative ajunge la 7—8. Răcirea generatoarelor la puteri peste 60—80 MW se face cu hidrogen sub presiune (0,5—3,15 at); pentru puteri peste 200 MW s-a propus răcirea cu lichid a înfășurărilor statorului. La debite de circa 750 t/h lățimea focarului devine așa de mare că este nevoie de un suport intermediar (2 compartimente cu ecran de țevi între ele).

În cazul turbinelor de 250 MW lățimea sălii mașinilor atinge 26 m, a sălii cazanelor — 36 m; mărimea depozitului de combustibil de rezervă face necesar așezarea cărbunilor în grămezi cu 30 m înălțime. Turbinele de putere unitară mare se construiesc atît în S.U.A. cît și în Europa de Apus în majoritatea lor pentru presiuni ale aburului de 100—140 ata și temperaturi de circa 565°C. În S.U.A. se proiectează în prezent un bloc experimental cazan-turbină 125 MW, cu parametrii inițiali ai aburului 316 ata, 620°C cu două supraîncălziri intermediare la 565°C și la 538°C [15]. Nu se fac încă încercări de a tipiza turbinele mari, fiecare agregat construindu-se după comandă specială. De aceea și numărul variantelor de realizare constructivă, este mare.

2. **Termoficarea.** Uniunea Sovietică ocupă primul loc în lume după nivelul termoficării. În marile orașe și regiuni industriale din U.R.S.S. — sursa principală de alimentare cu căldură a devenit centrala de termoficare (CET). Turbinele de termoficare formează circa 30% din întreaga putere instalată în centralele termoelectrice sovietice. Cantitatea de căldură furnizată de CET crește necontenit (în 1954 era de 3,7 ori mai mare ca în 1940 și cu 16,6% față de 1953). Orașe ca Moscova, Leningrad, Hărcov, Novosibirsk, Kiev, Rostov au o termoficare mai dezvoltată decît a celor mai mari orașe din alte țări.

Principala problemă care preocupă energeticienii sovietici din domeniul termoficării este problema folosirii totale a posibilităților ei de dezvoltare. Puterea turbinelor de termoficare nu este folosită uneori decît la 25—50% din puterea maximă, una din cauze fiind rămînerea în urmă a construcției rețelelor termice..

Pînă în ultimul timp termoficarea orașelor sovietice s-a dezvoltat mai ales pe linia acoperirii sarcinilor termice sezoniere (încălzire și ventilație). Sarcina permanentă de alimentare cu apă caldă fiind relativ mică (la Moscova de exemplu această sarcină formează 7—8% din consumul termic maxim racordat) în perioada de vară, turbinele de termoficare cu consumatori urbani funcționează practic în regim de condensație. Dacă s-ar crește sarcina permanentă de alimentare cu apă caldă, pînă la 15% din sarcina termică maximă a CET și dacă s-ar trece sarcina frigorifică (sarcină mereu crescîndă a orașelor, care astăzi este acoperită în majoritate cu energie electrică) pe bază de termoficare, s-ar obține încărcarea turbinelor de termoficare și în perioada de vară, deci o utilizare anuală mai bună a maximului sarcinii termice (3 200 h/an, în loc de 2 500—2 700 h/an, ceea ce înseamnă economii anuale de combustibil de 20—25%), pe lîngă o scădere a costului energiei pentru producerea frigului [3].

În orașele mari din U.R.S.S. dezvoltarea termoficării face să apară nevoia de a lega între ele rețelele termice izolate ale unor CET separate, într-un sistem unic de termoficare urbană, care va avea ca avantaje: folosirea mai economică a echipamentului CET, mărirea siguranței în alimentarea cu căldură a consumatorilor, micșorarea numărului total necesar de cazane instalate. Crearea sistemelor unice de termoficare este actuală în special pentru orașele Moscova și Leningrad.

Odată cu dezvoltarea termoficării crește și raza de acțiune a rețelelor termice. O creștere și mai mare se prevede prin amplasarea noilor CET în afara orașelor. Spre deosebire de propunerile mai vechi de a așeza CET la distanțe de 100—200 km de oraș, ultimele studii și proiecte se ocupă de distanțe mai mici (pînă la 30—40 km de zona verde a orașului). Desigur că problema dacă scoaterea CET în afara orașului este sau nu indicată, cît și stabilirea exactă a distanței pînă la consumator, se rezolvă pentru fiecare caz în parte în funcție de condițiile locale (posibilitatea curățirii gazelor de ardere și evacuarea cenușei, alimentarea cu combustibil și apă etc.).

Creșterea razei de acțiune a rețelelor termice face necesară o mărire a temperaturii apei în rețelele termice de transport. În ultimii ani, într-o serie de instalații din U.R.S.S., s-a trecut de la temperatura de 130°C în conducta de ducere, la 170—180°C, obținîndu-se o creștere cu 30—40% a capacității de transport a rețelei și o micșorare a consumului de energie pentru pomparea agentului termic și a investițiilor în rețea.

Construirea clădirilor înalte de la Moscova a făcut necesară compartimentarea pe zone de presiuni diferite a instalației interioare de termoficare.

Pentru noile CET ale orașelor mari din U.R.S.S (a căror putere va fi 150—200 MW), turbinele actuale de termoficare de 25 MW nu mai corespund; proiectele prevăd de aceea instalarea unor turbine de putere unitară 50 MW. În proiectele de termoficare a Moscovei pentru viitori 10 ani; au fost studiate variantele amplasării diferitor tipuri de turbine de 50 MW, în CET așezate în afara orașului. Punerea în funcțiune în ultimii ani a unor întreprinderi industriale care cer debite de abur pînă la 1 000 t/h, face de asemeni necesară creșterea puterii unitare a turbinelor de termoficare la 50 MW, cu prize de abur de debit pînă la 250 t/h.

Pe lîngă termoficarea orașelor și centrelor industriale mari, în U.R.S.S. se intensifică și termoficarea așezărilor rurale.

Experiența termoficării din U.R.S.S. a fost folosită în țările de democrație populară, unde au fost construite în ultimii ani cîteva instalații interesante.

II. Probleme legate de mărirea siguranței în exploatare și reducerea prețului de cost

Dintre aceste probleme se remarcă astăzi: automatizarea cît mai largă a proceselor de producție (cu o scădere a numărului personalului de exploatare), folosirea largă a proiectelor tip și a metodelor rapide de construcție și montaj (montarea în blocuri mari, folosirea prefabricatelor), creșterea duratei de utilizare anuală a centralelor, micșorarea numărului avariilor (s-a observat că $^1/_2$ din numărul avariilor se produc din vina directă a personalului).

Regimul optim de exploatare a turbinelor cu condensație din mari sisteme energetice, corespunde debitului de abur constant lăsînd ventilele de admisie a aburului permanent deschis la maxim (nu puteri constante).

Construirea marilor centrale hidroelectrice pune problema mersului în paralel a centralelor hidro și termoelectrice și cere echipamentului centralelor termice o funcționare economică și asigură la variații mari de sarcină (consum mic de căldură la pornire și mers în gol, elasticitate în manevrare, siguranță și randament bun la regim variabil).

In U.R.S.S. se dezvoltă, pe lîngă construcţia centralelor mari şi construcţia centralelor rurale, al căror număr depăşeşte azi 30 000, mai ales în regiunile depărtate de liniile electrice de transport. Tendinţa din ultimul timp este de a mări puterea unitară a centralelor rurale şi a le uni în sisteme energetice locale. Numărul total de centrale termoelectrice aflate acum în construcţie în U.R.S.S. este de 700.

III. Centrale electrice folosind drept combustibil energia atomică (nucleară)

La 27 iunie 1954 a început să funcţioneze în U.R.S.S. prima centrală electrică cu combustibil nuclear.

Schema termică de principiu a centralei electrice atomice se vede în fig. 2.

O parte din căldura dezvoltată în reactorul nuclear *R*, ca rezultat al fisiunii nucleare, este preluată de un fluid

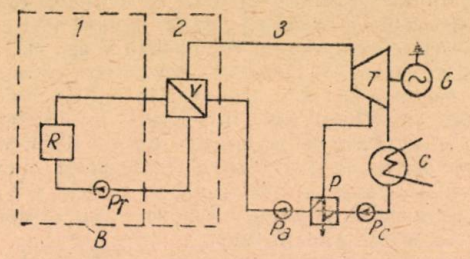


Fig. 2. Schema termică de principiu a centralei electrice atomice:

R-reactor nuclear; *V*-vaporizator de abur; *T*-turbina de abur; *C*-condensator; *B*-protecţie din beton contra radiaţiilor; *P*-instalaţia de preîncălzire regenerativă; P_c, P_a, P_r-pompa de condensat, alimentare şi a reactorului: *1*-sala reactorului; *2*-sala vaporizatorului; *3*-sala turbinelor.

(metal topit, apă sau gaz), vehiculat de pompa P_r şi cedată în vaporizatorul *V* apei care vaporizează. Aburul obţinut în vaporizator se destinde în turbina de abur *T*, care antrenează generatorul electric. Clădirea principală a centralei electrice atomice este compusă din sălile: *1* — sala reactorilor; *2* — sala vaporizatorilor; *3* — sala turbinelor; *4* — tabloul de comandă electric, primele două fiind protejate contra radiaţiilor vătămătoare pentru personal.

Noul tip de centrală prezintă ca avantaje faţă de centrala termoelectrică cu abur obişnuită:

— consum redus de combustibil. De exemplu o centrală electrică de 1 000 MW funcţionînd cu cărbune, consumă circa 500 t/h; aceeaşi centrală funcţionînd cu combustibil nuclear ar consuma 130 g/h uraniu 235. Problema transportului combustibilului nu există aproape.

Rezervele de combustibil nuclear ale globului sînt mai mari decît rezervele de combustibili organici obişnuiţi.

— dimensiunile centralei sînt mai mici: ceea ce ocupă loc mai mult sînt blindajele de protecţie; în plus reactorul nuclear se aşază de obicei în pămînt. Odată cu perfecţionarea construcţiilor de reactoare se aşteaptă noi reduceri de gabarite;

— centrala nu are nevoie de aer pentru combustiune;

— centrala funcţionează fără zgomot (reactorii şi vaporizatorii nu fac zgomot);

— nu infectează atmosfera cu praf şi fum. Cenuşa radio-activă rezultată în reactor se foloseşte în medicină, biologie, industrie, agricultură;

— poate funcţiona multă vreme cu o încărcare iniţială de combustibil nuclear, nu are nevoie de depozite mari de combustibil de rezervă;

— consum mic de energie pentru serviciile interne.

Ca o problemă de viitor pentru centralele electrice atomice apare producerea directă a energiei electrice din energia nucleară fără transformarea intermediară (căldura).

Bibliografie

[1] * * * : Comunicările Institutului Energetic „Molotov" din Moscova. Seria XI (Termotehnică), Gosenergoizdat, 1953.

[2] *Stirikovici M. A.:* Turbina păcii, Nauca i jizni, nr. 3, 1953.

[3] *Sokolov E. I.:* Probleme actuale în termoficarea sovietică, Electriceschie stanţii, nr. 2/1953.

[4] *Vinter A. V.* şi *Marchin A. B.:* Realizări şi perspective în dezvoltarea energeticii sovietice, Vestnic Academii Nauc SSSR, nr. 11/1952.

[5] *Crjijanovschi G. M.:* Epoca construcţiilor gigantice 1951.

[6] *Filippov N. F.:* Termoficarea clădirilor înalte, Gorodskoie Hoziaistvo Moscvi, nr. 11/1952.

[7] *Gromov N. K.:* Problemele principale în dezvoltarea termoficării Moscovei, Gorodskoie Hoziaistvo Moscvi, nr. 11, 1950.

[8] *Pavlenco A. S.:* Problemele energeticienilor pe anul 1955, Teplo-energhetica, nr. 1/1955.

[9] *Pacşver V. B.:* Agregate de mare putere în centralele termoelectrice din străinătate, Teploenerghetica, nr. 1/1955.

[10] * * * : Pentru realizarea cu succes a celui de al V-lea plan cincinal în economia energetică, Electriceskie stanţii, nr. 1/1955.

[11] *Drobîsev A. I.:* Unele probleme ale contrucţiei centralelor termoelectrice, Electriceskie Stanţii, nr. 1, 1955.

[12] *Gorşkov A. S.:* Aburul de înaltă presiune în energetică, Rabocii energhetic, nr. 6/1951.

[13] *Romadin V. P.:* Folosirea energeitcă a enegiei atomice, Energhetic, nr. 1/1955.

[14] *Şubenko L. A.:* Unele probleme în dezvoltarea construcţiei turbinelor de abur, Teploenerghetica, nr. 4, 1955.

[15] *Gorşkov A. S.:* În legătură cu introducerea presiunilor supraînalte şi supracritice în energetica sovietică Teploenerghetica, nr. 4/1955.

Pentru îmbunătăţirea activităţii revistelor tehnice A.S.I.T.

La Consiliul Central A.S.I.T. a avut loc o consfătuire cu conducerile revistelor tehnice A.S.I.T. Tov. ing. O. Rusu, prim secretar al Consiliului Central, a prezentat un referat cu privire la principalele probleme ale revistelor A.S.I.T. Au urmat discuţii.

Prezentăm în cele ce urmează unele teze ridicate de referat şi de discuţiile ce au fost purtate.

Ca urmare a condiţiilor create de partidul şi guvernul nostru — literatura tehnică şi, odată cu aceasta, revistele tehnice ASIT au luat în ultimii ani o importantă dezvoltare. Revistele tehnice editate de ASIT şi ministerele industriale au făcut simţitoare progrese; ele s-au îmbunătăţit prin tratarea problemelor la un nivel mai înalt; ele au fost mai legate de problemele concrete ale producţiei, publicînd articole menite să aducă o contribuţie la rezolvarea problemelor tehnice din întreprinderi, la pătrunderea şi generalizarea unor procedee înaintate de lucru în practica industrială, în proiectare şi cercetare. A crescut numărul articolelor supuse luptei de opinii. La reviste, au colaborat un număr mai mare de specialişti decît în anii precedenţi. Numărul autorilor din producţie este în continuă creştere; s-au publicat numeroase articole scrise de colective. Astfel în cursul anului 1954, au fost primite în redacţie un număr de 1395 articole din care s-au publicat 912 în 4900 pagini tipărite.

Comitetele de redacţie au contribuit mult la îmbunătăţirea şi progresul revistelor, prin exigenţa sporită cu care au apreciat materialele publicate şi prin măsurile luate pentru justa orientare a revistelor şi mărirea numărului colaboratorilor.

Conţinutul revistelor arată însă că nu toate comitetele de redacţie au găsit soluţiile potrivite pentru a răspunde cerinţelor economiei naţionale şi a sugestiilor exprimate de cititorii revistelor.

Astfel, una din contribuţiile importante pe care o pot aduce revistele la ridicarea productivităţii muncii — cea ma importantă cerinţă a economiei naţionale — este generiaizarea experienţei înaintate în ce priveşte îmbunătăţirea metodelor de muncă, folosirea tehnicei, perfecţionarea tehnologiei şi organizarea producţiei. In producţia socialistă, experienţa înaintată constituie o uriaşă avuţie care folosită din plin devine o forţă materială capabilă să ridice într-un ritm rapid nivelul de dezvoltare a producţiei. In ţara noastră există toate condiţiile pentru aplicarea pe scară largă a experienţei înaintate, pentru ca ea să fie folosită sistematic şi cu maximum de eficienţă. Revistele tehnice au o îndatorire de seamă pentru ca acest vast material, extrem de preţios, să devină un bun al maselor.

Revistele noastre nu au reuşit însă pînă în prezent să răspundă integral acestei meniri. Deşi experienţa practică a colectivelor fruntaşe din toate ramurile de producţie contribuie continuu la progresul tehnicii şi organizării producţiei, ea este în foarte mică măsură cunoscută şi popularizată prin reviste.

Din discuţii a reieşit necesitatea imprimării în activitatea revistelor a unei politici specifice fiecărei ramuri de producţie, care politică să ilustreze perfecta sudură ce trebuie să existe între activitatea revistei şi problemele ramurii respective. Promovarea noului ca şi combaterea practicilor învechite şi a atitudinilor retrograde în activitatea de producţie vor trebui să constituie obiective de seamă. Revistele ASIT vor trebui să oglindească într-o măsură mult mai mare decît pînă în prezent activitatea asociaţiei, constituind un sprijin eficace în cunoaşterea şi generalizarea celor mai bune rezultate din această activitate.

Revistele sînt chemate să contribuie la progresul tehnicii, luptînd împotriva a tot ce este vechi în tehnică şi în practica întreprinderilor industriale, împotriva rutinei şi conservatorismului în mentalitatea cadrelor tehnice din toate domeniile de activitate. Consiliul Central ASIT a cerut comitetelor de redacţie ale revistelor ca în acest scop să organizeze lupta de opinii în legătură cu problemele concrete ale producţiei şi în legătură cu problemele teoretice şi practice ale activităţii tehnico-inginereşti. Este un merit al unor comitete de redacţie că au deschis paginile revistelor luptei de opinii astfel că în cursul anului trecut au apărut discuţii în reviste. Comitetele de redacţie nu au stimulat însă în măsură suficientă apariţia unor astfel de articole. Mai mult chiar, uneori, articolele de opinie sînt publicate într-un timp nejustificat de îndelungat.

De mare importanţă este de asemenea modul în care revistele ştiu să răspundă cerinţelor exprimate de cititori. Ele au datoria de a ajuta pe cititorii săi la rezolvarea problemelor pe care aceştia le au în producţie, la ridicarea nivelului lor tehnico-ştiinţific, ţinîndu-i la curent cu cele mai noi rezultate ale tehnicii de specialitate. Revistele tehnice vor trebui să lege mai temeinic problemele tehnice cu aspectul economic al problemelor dezbătute. Prin aceasta ele vor contribui la lichidarea unor concepţii nejuste după care inginerii şi tehnicienii trebuie să se intereseze numai de aspectul tehnic. O lipsă importantă a revistelor este aceea că, uneori, prin incompleta tratare a unor probleme, articolele nu au eficacitatea dorită. Deseori materialele publicate sînt lipsite de concluziile practice şi mai ales de concluziile tehnico-economice care pot stimula pe ingineri şi tehnicieni de a aplica în producţie unele procedee înaintate.

Revistele publică într-o măsură insuficientă încă rezultatele cercetărilor în unele ramuri ale industriei; cercetările tehnico-ştiinţifice au luat un mare avînt şi cercetătorii din institute şi din unele întreprinderi obţin rezultate care trebuie consemnate, pentru că ele constituie un aport la progresul general al tehnicii. De asemenea revistele consemnează în măsură foarte redusă realizările valoroase ale cadrelor tehnice din industrie. Ele nu au reuşit să stimuleze pe ingineri şi tehnicieni de a scrie despre realizările lor de seamă. Aci este resimţită şi lipsa de orientare a unor comitete de filială şi cercuri ASIT care nu au îndrumat pe inginerii şi tehnicienii care au obţinut rezultate valoroase să-şi publice lucrările şi concluziile experienţei.

Este necesară de asemenea o operativitate sporită în activitatea colectivelor în scopul asigurării apariţiei în termen a publicaţiilor.

Concluziile consfătuirii au arătat necesitatea unui contact mai strîns între autori şi comitetele de redacţie. S-a preconizat organizarea unor întîlniri cu cititorii în scopul dezbaterii conţinutului revistelor.

Consfătuirea cu conducerile revistelor tehnice ASIT a constituit un prilej de analizare a lipsurilor existente şi a realizărilor obţinute, indicînd metode de muncă şi mai bune în scopul ridicării nivelului acestor publicaţii la înălţimea rolului pe care îl au în progresul tehnic din ţara noastră.

INSTRUCŢIUNI DE RECEPŢIE A ECHIPAMENTULUI ŞI INSTALAŢIILOR ENERGETICE

In executarea dispoziţiunilor cap. II din „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice" şi în vederea reglementării tuturor încercărilor, probelor şi măsurătorilor necesare a fi făcute înainte de darea în exploatare industrială a unui echipament sau instalaţie, Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice elaborează o serie de instrucţiuni tehnice de recepţie.

Pînă în prezent au apărut în Editura Energetică de Stat următoarele asemenea Instrucţiuni.

Instrucţiunea nr. 38—54 pentru recepţia instalaţiilor de turbine cu abur.

Instrucţiunea nr. 39—54 pentru recepţia instalaţiilor de cazane de abur.

Instrucţiunea nr. 42—54 pentru recepţia maşinilor şi echipamentelor electrice după montarea lor la locul de utilizare (generatoare şi compensatoare sincrone, maşini de curent continuu, motoare electrice de curent alternativ, transformatoare de putere, întrerupătoare, separatoare, bare, reactoare, transformatoare de măsură, izolatoare, cabluri de forţă, linii electrice aeriene cu tensiune pentru 1 000 V, descărcătoare, instalaţii de punere la pămînt, baterii de acumulatoare, contactoare, circuite de comandă, protecţie şi măsură, protecţia prin relee, redresoare cu mercur, condensatoare statice şi echipamentul electric al macaralelor).

Instrucţiunea nr. 44—54 pentru recepţia instalaţiilor de răcire.

Instrucţiunea nr. 47—54 pentru recepţia instalaţiilor de tratare a apei şi

Instrucţiunea nr. 50—54 pentru recepţia instalaţiilor de motoare cu ardere internă.

Principiile noi care stau la baza acestor instrucţiuni de recepţie, sînt trasate în cap. II din „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice". Ele precizează că darea în exploatare industrială a unei instalaţii sau echipament adică înglobarea lor într-un plan de producţie, poate avea loc numai în momentul cînd se poate conta pe o funcţionare sigură şi economică a utilajului. Acest lucru se obţine după un oarecare timp de familiarizare cu echipamentul şi instalaţiile, timp în cursul căruia se descoperă şi se fac toate probele şi măsurătorile pentru constatarea siguranţei de funcţionare şi pentru determinarea indicilor de funcţionare. Această perioadă o constituie exploatarea provizorie.

Exploatarea provizorie este precedată de încercările şi verificările necesare punerii în funcţiune, între care, pentru echipamentele de bază este inclusă şi proba complexă, adică funcţionarea neîntreruptă a acestuia timp de 72 ore la sarcina nominală sau maximă posibilă, fără ca în acest timp să apară vreun defect de echipament sau de montaj, timp în care sînt în funcţiune normală toate mecanismele auxiliare.

Pentru ca punerea în funcţiune să poată fi făcută în minimum de timp, instrucţiunile de recepţie apărute prescriu o serie de verificări şi încercări ce trebuie făcute chiar în timpul executării lucrărilor de montaj.

Materialul tratat în aceste instrucţiuni este orînduit în cinci capitole.

Capitolul I, conţinînd domeniul de aplicare, generalităţi, indicarea altor lucrări necesare aplicării instrucţiunilor etc.

Capitolul II, care conţine verificările şi încercările ce trebuie obligatoriu făcute în timpul sau la sfîrşitul lucrărilor de montaj.

Capitolul III, care conţine încercările ce trebuie făcute pentru punerea în funcţiune şi darea în exploatare provizorie a echipamentelor şi instalaţiilor.

Capitolul IV cuprinde probele şi măsurătorile necesare a fi făcute în timpul exploatării provizorii (de punere la punct) pentru constatarea siguranţei de funcţionare şi determinarea indicilor de funcţionare.

Capitolul V, care cuprinde lucrările necesare a fi făcute pentru darea în folosinţă definitivă sau în exploatarea industrială a echipamentului respectiv.

In toate aceste capitole se arată, înafară de verificările şi măsurătorile ce trebuie făcute, şi rezultatele la care trebuie să se ajungă.

Numirea, convocarea, atribuţiile, organizarea şi îndatoririle comisiilor ce trebuie să participe la fiecare din cele patru faze sînt reglementate în „Instrucţiunile generale pentru recepţia şi predarea în exploatare a lucrărilor capitale" în curs de apariţie.

In luna ianuarie a.c. colecţia de prescripţii pentru proiectarea şi construcţia instalaţiilor electrice a fost completată cu două broşuri, conţinînd prescripţiile nr. 13—54; 14—54; 15—54 şi 16—54. Ele au fost întocmite de Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice şi au fost aprobate prin ordinul ministerial nr. 997/1954.

Prima din aceste broşuri, cu titlul de: „Prescripţii pentru construcţia instalaţiilor electrice „conţine următoarele prescripţii:

Nr. 13—54 Instalaţii de distribuţie şi staţii cu o tensiune mai mare de 1 000 V.

Nr. 14—54 Instalaţii de distribuţie cu o tensiune pînă la 1 000 V.

Nr. 15—54, Amenajarea circuitelor de comandă şi măsură.

Prin aceste prescripţii, se vine în ajutorul proiectanţilor de instalaţii electrice, dîndu-se o serie de îndrumări şi date necesare proiectării; de asemenea, constructorii de instalaţii electrice, vor găsi în ele o sursă de îndrumări absolut necesare pentru construcţie.

Astfel, în prescripţia nr. 13—54, pe lîngă o serie de definite şi condiţii generale, se tratează instalaţiile de distribuţie exterioare, indicîndu-se distanţele obligatorii între diferitele părţi sub tensiune între ele sau pînă la construcţiile învecinate, înălţimi minime pînă la suprafaţa solului, distanţe minime cerute de protecţia contra incendiilor etc. In partea rezervată pentru instalarea în interior a transformatorilor, se prescriu de asemenea distanţele ce trebuie respectate în funcţie de tensiune, modul de plasare al întrerupătorilor în funcţie de cantitatea de ulei, coridoare de explozie etc.

Ultimele patru capitole din prescripţii tratează despre staţiile sau posturile de transformare în ateliere, instalaţii cu material prefabricat, posturi de transformare în case de locuit şi posturi de transformare pe stîlpi.

Prescripţia 14—54 dă aceleaşi date pentru instalaţiile de distribuţie cu tensiuni pînă la 1 000 V, fiind în special necesare pentru instalaţiile de alimentare din incinta întreprinderilor industriale.

Prescripţia 15—54 se referă la realizarea circuitelor de comandă, măsură, protecţie şi semnalizare din domeniul energetic. Ca material, la aceste circuite se va întrebuinţa exclusiv cuprul. In prescripţie se arată secţiunile minime pentru circuitele de intensitate sau tensiune, modul de pozare, felul de legătură etc., care toate sînt necesare pentru proiectarea şi construcţia de asemenea circuite.

A doua broşură intitulată tot „Prescripţii pentru construcţia instalaţiilor electrice", cuprinde prescripţia 16—54, care tratează construcţia punerilor la pămînt, în instalaţiile sub şi peste 1 000 V. Lucrarea este împărţită în patru părţi: 1) generalităţi; 2) prescripţii generale; 3) punerea la pămînt şi la nul în instalaţiile electrice cu tensiunea pînă la 1 000 V; 4) punerea la pămînt în instalaţiile cu tensiunea peste 1 000V.

In aceste prescripţii, se arată modul cum trebuie aleasă punerea la pămînt, în funcţie de felul instalaţiei, calcularea rezistenţei de punere la pămînt, punerile la pămînt ale stîlpilor liniilor electrice aeriene, legătura între mai multe instalaţii de punere la pămînt cu destinaţii şi tensiuni diferite etc., precum şi modul de execuţie al prizelor de pămînt. Se arată ce prize pot fi folosite, precum şi secţiunile minime ale conductorilor de punere la pămînt şi la nul, la diferite moduri de pozare. Ultima parte se referă la încercarea şi verificarea punerilor la pămînt.

Prescripţiile de mai sus aduc o contribuţie importantă pentru lucrările de proiectare şi construcţie a instalaţiilor electrice şi vin să completeze pe cele anterioare, apărute în cursul anului 1954, în acelaşi domeniu.

V. N. IURENEV: Centrale electrice industriale cu turbine cu abur (Traducere din limba rusă) Editura Energetică de Stat 1954.

In cartea „Centralele electrice industriale cu abur", autorul analizează pe larg diferitele aspecte ale problemelor acestor centrale şi în deosebi proiectarea raţională a părţii termice a acestor centrale.

Ţinînd seama de particularităţile electrice şi termice ale centralelor, se studiază în această lucrare, alături de schemele termice, alimentarea cu apă şi combustibil, parametrii aburului şi influenţa lor asupra randamentului procesului de lucru; se dă o deosebită atenţie elementelor de termoficare şi de recuperare energetică a căldurii.

La început, se clasifică centralele electrice după tipul lor şi se arată consumatorii de energie electrică precum şi graficul sarcinilor electrice; de asemenea se tratează despre consumatorii de căldură şi graficul sarcinilor termice.

Se descrie apoi (capitolul II) combustibilul folosit în centralele electrice din U.R.S.S. Natura combustibilului determină în mare măsură caracterul utilajului pentru cazane şi al instalaţiilor auxiliare ale centralelor electrice şi influenţează asupra indicilor de exploatare. Criteriul pentru alegerea combustibilului constituie una din problemele principale care trebuie rezolvate la proiectarea centralelor electrice în general. Utilizarea resturilor combustibile rezultate din producţia întreprinderilor din vecinătate, gazele de furnal, cocsul mărunt, talaşii şi resturile lemnoase din exploatările forestiere, scoarţele de arbori după extragerea taninului etc. sînt uneori în cantităţi atît de mari încît pot asigura funcţionarea unei centrale electrice industriale fără adaosul vre-uni alt combustibil.

Se arată în acelaş capitol dezvoltarea politicii combustibilului în Uniunea Sovietică care prevede că, în general, combustibilul care reprezintă materie primă pentru industrie (petrol, cărbune cocsificabil, gaze) nu se utilizează în instalaţii energetice.

Capitolul al treilea tratează despre parametrii aburului folosit în centralele electrice industriale cu turbine cu abur. Se studiază parametrii iniţiali şi cei finali ai aburului în diferite condiţiuni de producere şi exploatare.

Alegerea utilajului centralelor electrice industriale este tratată în capitolul al patrulea: grupurile turbogeneratoare, agregatele de cazane cu abur, metodele pentru arderea combustibilului, instalaţiile de focare, instalaţiile de tiraj şi de suflare etc.

Aburul şi apa caldă sînt studiate amănunţit în capitolul al cincilea. Sînt descrise instalaţiile pentru transformarea aburului, pentru vaporizare, compensarea pierderilor de condensat cu apă epurată chimic, instalaţii pentru preîncălzirea apei din reţea, reducere şi răcire. Prepararea apei de alimentare alcătuieşte obiectul capitolului următor. Se expune calitatea apei de alimentare, preîncălzirea şi degazarea acestei ape.

O dezvoltare deosebită o dă autorul schemelor termice ale centralelor electrice în general şi ale celor industriale cu turbine cu abur, în deosebi. Se dau în capitolul VII schemele termice de principiu ale turbogeneratorului cu condensaţie, cu prize de abur şi distribuirea aburului cu instalaţie de transformare a aburului, cu cedarea aburului în producţie direct de la priza de abur şi cu compensarea pierderilor de condensat prin apa distilată de la instalaţiile de vaporizare, cu prelevarea aburului pentru termoficare. Sînt apoi descrise schemele termice ale centralelor industriale mărite prin instalarea cazanelor şi turbinelor de înaltă presiune, utilizarea resurselor energetice secundare ale întreprinderilor industriale, schema termică desfăşurată etc. La acest capitol, care este unul din cele mai importante, a colaborat ing. *I. L. Kerţelli*, specialist reputat (§ 1—8 şi 11).

Capitolul al optulea tratează despre alimentarea cu apă a centralelor electrice. Sînt cuprinse aci diferitele sisteme de alimentare cu apă atît în circuit deschis cît şi în circuit închis cu lacuri de răcire, turnuri de răcire, bazine de stropire. Se compară randamentul diferitelor tipuri de răcitoare. Pentru sistemele de răcire în circuit închis de diferite tipuri este dată o interesantă tabelă sinoptică care cuprinde pentru fiecare sistem de răcire avantajele şi dezavantajele corespunzătoare. In acelaş capitol sînt studiate şi pompele de circulaţie pentru apa cu care se alimentează centralele electrice.

Gospodărirea combustibilului constituie o preocupare deosebită a autorului. Se ezvoltă în capitolul IX transportul combustibilului în interiorul centralei, schema gospodăriei de combustibil a centralelor care utilizează combustibilul solid, în instalaţiile de transport din interiorul centralelor precum şi cele de primire şi concasare, depozitele de combustibil etc.

Capitolul al zecelea tratează despre evacuarea zgurii şi a cenuşii, problemă permanentă a acestor centrale electrice. Este descrisă evacuarea hidraulică a zgurii şi a cenuşii, îndepărtarea acestora cu aparatele Moskaliov, evacuarea la presiune joasă şi la presiune înaltă a zgurii şi a cenuşii; se dau calcule de bază ale instalaţiilor hidraulice de evacuare şi se descrie evacuarea pneumatică şi mecanică a zgurilor şi a cenuşii. La sfîrşitul capitolului s eface o comparaţie între diferitele sisteme de evacuare menţionate.

Epurarea gazelor arse formează obiectul capitolului XI. Se descriu bateriile de cicloane, aparatele cu jaluzele pentru captarea cenuşii volante, filtrele electrice în special de tipul „Gazoocistka", instalaţiile combinate de captare şi aplicarea diferitelor dispozitive de separare a cenuşii şi de curăţire a gazelor de oxizii de sulf proveniţi din arderea cărbunilor inferiori.

In capitolul XII, se arată amplasarea centralelor electrice în plan general şi dispoziţia de ansamblu a clădirii principale a centralelor electrice industriale. Automatizarea, controlul termic, blocarea şi sistemul de comandă al turbogeneratoarelor, agregatelor de cazane, instalaţiilor de alimentare, degazare, reducere şi răcire, gospodărirea combustibilului şi evacuarea cenuşii sînt tratate în capitolul următor al lucrării recenzate aci.

In fine capitolul ultim este consacrat dezvoltării indicilor tehnico-economici ai centralelor electrice industriale: sînt redate în acest capitol coeficienţii pentru regimul de lucru ale centralelor electrice, randamentul, consumul de energie electrică şi termică pentru utilizările proprii ale centralelor şi consumurile specifice de combustibil.

Autorul indică la sfîrşitul lucrării o bogată bibliografie (67 lucrări) din care multe lucrări sînt de bază în materie de centrale electrice cu turbine cu abur.

Redactată de doc. *V. I. Rtjkin*, specialist reputat în materie, lucrarea cuprinde numeroase exemple numerice, utilizarea în centrale a resurselor energetice secundare din întreprinderile industriale, termoficarea cu ajutorul aburului şi apei calde din aceste centrale etc.

Prin multiplele aspecte sub care este privită problema, lucrarea este o adevărată monografie succintă privind centralele electrice industriale cu turbine cu abur, Ea este destinată energeticienilor, ingineri şi tehnicieni, care lucrează în fabrici şi uzine şi contribuie direct la proiectarea şi construirea centralelor electrice industriale noi şi la extinderea celor în funcţiune.

A. I. PONEDILKO: Lucrări de reparaţii sub tensiune la liniile de transport de energie electrică (trad. din limba rusă) Editura Energetică de Stat, 1955.

Lucrarea recenzată constituie un îndreptar pentru inginerii şi tehnicienii care lucrează la exploatarea reţelelor de înaltă tensiune în sistemele energetice. Ea are de scop cunoaşterea procedeelor şi a metodelor de efectuare a acestor lucrări la liniile de înaltă tensiune.

In prezent, lucrările de întreţinere a liniilor de transport de energie electrică de 35, 110, 220 V dintr-o serie de sisteme energetice ale Ministerului Centralelor Electrice din U.R.S.S., se fac fără scoaterea liniei de sub tensiune, pentru a nu provoca întreruperea sau pentru a evita reduceri de putere în alimentarea unor consumatori importanţi.

Deşi lucrările sub tensiune sînt foarte importante, totuşi, pînă la apariţia cărţii lui Ponedilko, nu exista în Uniunea Sovietică decît instrucţiunile speciale editate în 1943—1946 de Ministerul Centralelor Electrice în colaborare cu Consiliul Central al Sindicatelor Muncitorilor din Centralele Electrice cum şi cîteva articole apărute în presă, ceea ce constituie o experienţă necompletă şi nu satisface cerinţele personalului de exploatare a reţelei electrice.

Pentru a umple această lipsă, autorul sistematizează experienţa acumulată în ultimii 10 ani de către personalul de exploatare în ceea ce priveşte materialul lemnos,

descărcătoarele tubulare, izolatoarele, conductoarele aflate sub tensiune etc.

Din experienţa organizaţiei ORGRES, a sistemelor energetice Sverdlovenergo, Molotovenergo, Gorenergo etc., a Direcţiei Generale Energetice din Ural, din ultimile 3 decenii, autorul adună metode de lucru folosite la liniile aflate sub tensiune şi punînd la îndemîna inginerilor şi tehnicienilor această experienţă, înlesneşte perfecţionarea şi organizarea acestor lucrări precum şi extinderea lor şi în alte siseme energetice.

In introducere, se arată cum posibilităţile de reparare sub tensiune a liniilor de transport de energie electrică au permis o serie de lucrări care să reducă timpul de lucru şi ameliorarea calitativă a reparaţiilor.

Organizarea lucrărilor sub tensiune este dezvoltată în capitolul I. Se tratează aci despre lucrările de reparaţie şi de pregătire şi se arată ce măsuri trebuie luate pentru a respecta şi face cît mai eficace prevederile de tehnică a securităţii şi de protecţie a muncii în lucrările din liniile de transport de energie electrică.

In capitolul al doilea, se descriu dispozitivele de ridicare şi de lucru utilizate la repararea liniilor, la înlocuirea adausurilor, uneltele folosite penrtu stabilirea gradului de putrezire a materialului lemnos al stîlpilor; mijloacele de protecţia muncitorilor de bază (tije, izolatoare, scări izolante, prăjini de deviere) şi auxiliare (mănuşi, cisme, şoşoni, covoraşe de cauciuc, suporturi de porţelan etc.).

Autorul expune apoi metodele pentru controlul stării liniilor de transport de energie electrică. Astfel în capitolul al treilea sînt tratate problemele lemnului pentru stîlpi, locurile şi gradul de putrezire a stîlpilor de diferite feluri şi a adaosurilor, tensiunile admisibile şi secţiunile periculoase ale elementelor de stîlpi, revizia părţilor superioare şi inferioare ale stîlpilor, înlocuirea pieselor defecte şi a părţilor putrezite ale stîlpilor şi în fine problemele privind stîlpii metalici.

Capitolul al patrulea este consacrat exclusiv adaosurilor stîlpilor de lemn în reţelele de 110—35 kV; sînt arătate metodele de înlocuire a adaosurilor la diferitele categorii de stîlpi portali precum şi succesiunea lucrărilor la înlocuirea adaosurilor pe stîlpi. Cele trei capitole următoare (V—VI—VII) sînt destinate înlocuirii picioarelor, contrafişelor şi traverselor stîlpilor de lemn de diferite forme pentru liniile de transport de înaltă tensiune de 35—110 kV. Se descriu solicitările provocate de tracţiunea conductoarelor asupra stîlpilor de colţ şi se arată principiul metodelor de înlocuire pe baza experienţei de decenii din sistemele energetice sovietice.

Incercările şi procedeele de întărire a izolaţiei conductoarelor la linii de înaltă tensiune, la conductoare şi cabluri ale staţiilor electrice sînt tratate în capitolul al noulea, unde se arată şi condiţiile de folosire a izolaţiilor de trecere şi verificarea stării lor.

Capitolul X cuprinde metodele folosite pentru instalarea sub tensiune a descărcătoarelor tubulare, instalarea lor cu ajutorul traverselor auxiliare, şarniere, cu electrozi exteriori rotativi, reglarea distanţei de străpungere.

In partea finală, autorul arată dezvoltarea reparaţiilor sub tensiune la conductoarele liniilor de transport de energie electrică de 35—110 kV în U.R.S.S., descriind metodele şi procedeele utilizate. După o expunere critică a schemei „conductor-izolaţie-om-pămînt", în care se folosesc tijele izolante, este descrisă metoda „conductor-om-izolaţie-pămînt" care se execută fără tije, după schema propusă de autor în anul 1940 — această schemă permiţînd operaţiile pe părţile de instalaţie aflate sub tensiune, electricienii lucrînd direct cu mîinile. Sînt expuse în amănunţime diferitele cazuri în care urmează să se facă această reparaţie cum şi mijloacele de asigurare a securităţii şi de protecţie a muncii care trebuie respectate riguros spre a se preveni accidentele.

Scrisă de inginerul A. I. Ponedilko, laureat al Premiului Stalin şi unul din iniţiatorii metodei de executare sub tensiune a reparaţiilor la liniile electrice, cartea este de un deosebit ajutor pentru personalul de linie; ea este un îndreptar în materie de control, revizie şi organizare prin metode noi a lucrărilor sub tensiune a liniilor de transport de energie electrică; ea permite inginerilor, tehnicienilor şi maiştrilor să rezolve la diferite nivele aproape toate problemele referitoare la alimentarea fără întrerupere cu energie electrică a consumatorilor .

Un ajutor practic preţios pentru cei ce efectuează lucrări de acest gen îl constituie numeroasele figuri care ilustrează fiecare caz în parte, schemele şi tabelele pe care lucrarea le pune la dispoziţia inginerilor, tehnicienilor şi maiştrilor care lucrează în sistemele energetice la reparaţiile din liniile de transport de energie electrică.

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

REVISTA „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice * Redacţia: Bucureşti, str. Ioan Ghica nr. 3. Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 ii 3.07.30 * Administraţia şi Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raionul I. V. Stalin * Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 * Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale de la oraşe şi sate, prin factorii poştali la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi la *sediul Redacţiei din str. Ioan Ghica nr. 3* * Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual; Preţul unui exemplar: lei 5.

Academia Republicii Populare Romîne
Institutul de Studii Romîno-Sovietic

Pentru a veni în ajutorul specialiştilor din ţara noastră, *Institutul de Studii Romîno-Sovietic al Academiei R. P. R.* editează şi publică în limba romînă o serie de materiale documentare, cu privire la realizările şi experienţele sovietice în diferite domenii ale ştiinţei.

De curînd au apărut:

Buletinul de informare ştiinţifică nr. 14/1955.
Reviste de referate.

— *„Matematică-Fizică"* nr. 1/1955.
— *„Agricultura"* nr. 1/1955.

Culegeri de referate din literatura sovietică de specialitate:

— *„Arhitectură şi construcţii"*, nr. 2/1955.
— *„Minerit"* nr. 1/1955.
— *„Industria uşoară"* nr. 1/1955.
— *„Silvicultură şi industria lemnului şi a hîrtiei"* nr. 3/1955.
— *„Literatură şi artă"* nr. 2/1955.

Analele romîno-sovietice.

— *„Chimie"* nr. 1/1955.
— *„Silvicultură şi Industria lemnului"* nr.1/1955.
— *„Metalurgie şi construcţii de maşini"* nr. 1/1955.

In cadrul problemelor tratate cititorul se informează asupra variatelor metode şi procedee folosite în Uniunea Sovietică şi se poate documenta la timp cu cele mai bune metode aplicate în diferitele ramuri ale industriei sovietice, avînd totodată posibilitatea să cunoască în mod curent progresul de zi cu zi al ştiinţei sovietice.

Revistele se pot procura din librării şi chioşcuri de ziare, iar abonamentele se fac la toate oficiile poştale, factorii poştali şi difuzorii voluntari din ţară.

CĂRȚI APĂRUTE ÎN

„EDITURA ENERGETICĂ DE STAT"

N. S. JDANOVSKI ș. a.:	**Centrale termoelectrice sătești** Traducere din limba rusă 124 pag.	5,65 lei
L. N. BAPTIDANOV și V. I. TARASOV:	**Echipamentul centralelor și stațiilor electrice (vol. I)** Traducere din limba rusă 460 pag.	26 lei
S. A. AVAEV ș. a.:	**Echipamentul electric al întreprinderilor din industria ușoară** Traducere din limba rusă 466 pag.	30,40 lei
V. K. POLTEV și L. P. SMOLNIKOV:	**Echipamentul electric al principalelor ateliere din industria metalurgică** Traducere din limba rusă 512 pag.	31,75 lei
P. I. EVDOKIMOV:	**Metodele și sistemele radiocomunicațiilor cu multe căi** Traducere din limba rusă 64 pag.	1,37 lei
A. M. FEDOSEEV:	**Protecția prin relee** Traducere din limba rusă 510 pag.	38,90 lei
A. A. SMIRNOV:	**Repararea aparatelor și instrumentelor termotehnice de măsură și control** Traducere din limba rusă 600 pag.	26 lei
V. V. PETROV și B. A. PIONTKOVSKI:	**Stabilizatoare de tensiune și intensitate** Traducere din limba rusă 130 pag.	6,90 lei

Toate lucrările tipărite și litografiate apărute în
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
Se pot procura la standul de cărți din
MAGAZINUL ELECTROTEHNICA
București — Bulevardul General Magheru 33

E 2039
KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

[illegible]

6

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

SUMARUL

Pag.

I. Barbu: Clasificarea internaţională a huilelor şi problema clasificării cărbunilor din R.P.R. . . . 249

M. Horodniceanu: Despre problema funcţionării pe aceiaşi stîlpi a două circuite de tensiuni diferite 254

A. Bărglăzan: Staţiuni de pompare cu funcţiuni multiple 259

N. Popescu: Refularea zonală a apei, izvor de economisire a energiei mecanice în irigaţii 268

IN AJUTORUL CELOR CE STUDIAZĂ ŞI APLICĂ PRESCRIPŢIILE DE EXPLOATARE TEHNICĂ A CENTRALELOR ŞI REŢELELOR ELECTRICE

G. Manolescu: Motoarele electrice ale serviciilor interne din centralele electrice 278

PENTRU NOILE CADRE

D. Voinea: Dimensionarea instalaţiilor de punere la pămînt 282

DIN ACTIVITATEA A.S.I.T. 294

RECENZII 295

СОДЕРЖАНИЕ

И. Барбу: Интернациональная классификация каменых углей и вопрос классификации углей в Р.Н.Р. 249

М. Хородничяну: По вопросу о работе на тех же опорах двух цепей различного напряжения 254

А. Бэрглэзан: Насосные станции комплексного действия 259

Н. Попеску: Зональное перекачивание воды как источник экономии механической энергии в оросительных системах 268

В ПОМОЩЬ ИЗУЧАЮЩИМ И ПРИМЕНЯЮЩИМ П.Т.Э. ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И СЕТЕЙ

Г. Манолеску: Электродвигатели собственных нужд электростанций 278

НОВЫМ КАДРАМ

Д. Войня: Расчет заземляющих установок 282

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т. 294

РЕЦЕНЗИИ 295

SOMAIRE

Pag.

I. Barbu: La classification internaţionale des houilles et le problème de la classification des charbons dans la République Populaire Roumaine 249

M. Horodniceanu: Sur le problème du fonctionnement sur le même poteau de deux circuits de tensions différentes 254

A. Bărglăzan: Stations de pompes à fonctions multiples 259

N. Popescu: Le refoulement zonal de l'eau, source d'économie d'énergie mécanique dans les irrigations 268

AIDE A CEUX QUI ETUDIENT ET APPLIQUENT LES PRESCRIPTIONS POUR L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES CENTRALES ET RESEAUX ELECTRIQUES

G. Manolescu: Moteurs électriques des services internes des centrales électriques 278

POUR LES NOUVEAUX CADRES

Voinea D.: Le dimensionnement des installations de mise à terre 282

DE L'ACTIVITE DE L' A.S.I.T. 294

RECENSIONS 295

Könyvtár

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

III ★ 1955 ★ Nr. 6 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Clasificarea internaţională a huilelor şi problema clasificării cărbunilor din R. P. R.

Ing. ILIE BARBU
Inst. de Cercetări şi Proiectări Carbonifere

Autorul pune în prezentul articol problema încadrării cărbunilor noştri în clasificarea internaţională propusă, ţinîndu-se seama de datele din STAS nr. 3632/1952.

In legătură cu necesitatea de a se introduce şi la noi clasificarea internaţională, credem necesară o discuţie în această privinţă şi punem coloanele revistei noastre la dispoziţia specialiştilor pentru ca să poată contribui prin părerile lor la o justă încadrare a cărbunilor noştri în clasificarea propusă.

Redacţia

In faţa diversităţii clasificărilor naţionale, Comisia Economică pentru Europa, Comitetul pentru Cărbune, grupa de lucru pentru clasificarea cărbunelui, a pornit la o încercare de clasificare internaţională a huilelor, publicînd în anul 1953 o propunere de clasificare internaţională a huilelor, propunîndu-se ca această clasificare să fie verificată de toate cercurile interesate ca să poată fi aplicată la sfîrşitul anului 1955 în întreaga Europă.

Pentru ca un astfel de sistem de clasificare să poată fi valabil pe scară internaţională şi pentru ca noţiunile să fie interpretate în mod identic, Comitetul de „Combustibili solizi" al Organizaţiei Internaţionale pentru Standardizare (I.S.O)., a elaborat la cererea grupei de lucru pentru clasificarea cărbunilor, propuneri de metode pentru determinarea anumitor caracteristici, care servesc drept criteriu în clasificarea internaţională a huilelor.

Propunerea făcută a fost supusă examinării tuturor ţărilor din Europa urmînd ca pe baza observaţiilor făcute să se urmărească lucrările în continuare.

Din examinarea clasificărilor naţionale s-a constatat că majoritatea ţărilor determină caracteristicile cărbunilor pe baza randamentului în materii volatile şi a caracteristicilor de aglutinare, respectiv de cocsificare. Excepţie fac numai Republica Cehoslovacă şi Belgia, care se limitează la conţinutul de materii volatile, şi S.U.A. care determină la cărbunii cu peste 30% materii volatile şi puterea calorifică. In discuţiile care au avut loc s-a căzut de acord ca, la baza clasificării internaţionale, să stea gradul de incarbonizare (exprimat prin randamentul materiilor volatile) şi apoi gruparea huilelor pe baza posibilităţilor de utilizare tehnico-industrială.

Pornind de la acest principiu s-a hotărît împărţirea huilelor pe baza randamentului lor de materii volatile, raportat la masa combustibilă (cărbunele fără apă şi cenuşă), urmînd ca celelalte proprietăţi, care determină utilizarea lor, să fie stabilite pe baza proprietăţilor de aglutinare şi cocsificare.

Examinînd diversele metode de laborator propuse pentru cercetarea acestor proprietăţi, prin schimb de probe făcut între diferite laboratoare s-a ajuns la următoarele concluzii:

1. Metodele utilizate pentru analiza imediată şi elementară ca şi pentru determinarea puterilor calorifice în diferite ţări sînt suficient de corespunzătoare pentru a fi utilizate la stabilirea caracteristicilor necesare pentru clasificarea internaţională.

2. Dintre metodele de determinare a proprietăţilor de cocsificare pot fi utilizate cu succes şi introduse pe scară internaţională determinarea „liberei umflări", indicelui de aglutinare Roga, metoda dilatometrică şi determinarea Gray-King.

3. Pe baza acestor determinări huilele se notează cu un număr de cod format din trei cifre reprezentînd:

— prima cifră: clasa huilei prin procentul de materii volatile şi puterea calorifică superioară (tabela 1);

— a doua cifră: grupa huilei exprimînd însuşirile de aglutinare;

— a treia cifră: subgrupa, exprimînd capacitatea de cocsificare.

Delimitarea claselor, grupelor şi subgrupelor este arbitrară, căutîndu-se însă ca limitele lor să corespundă pe cît posibil clasificărilor naţionale existente.

Pentru obţinerea primei cifre a codificării se separă 10 clase de huile, notate cu cifrele 0 pînă la 9, după cum rezultă din tabela 1.

Tabela 1

Clasificarea huilelor prin procentul de materii volatile şi puterea calorifică superioară

Prima cifră de cod., clasa	Materii volatile MV_{mc} %	Puterea calorifică superioară (uscat la aer, fără cenuşă kcal/kg
0	0 ... 3	
1 1A	3 ... 6,5	
1 1B	6,5...10	
2	10 ...14	
3	14 ...20	
4	20 ...30	
5	30(30 ...36)	> 8 450
6	30(30 ...41)	8 450...7 750
7	30(33 ...44)	7 750...7 200
8	30(35 ...50)	7 200...6 100
9	30(42 ...50)	< 6 100

Dacă separarea primelor 5 clase s-a putut face pe baza randamentului de materii volatile, la celelalte 5 clase, cuprinzînd huilele cu peste 30% materii volatile, la care raportul între gradul de incarbonizare şi conţinutul de materii volatile nu mai este evident, s-a adoptat drept criteriu de separare, puterea calorifică superioară, la cărbunele uscat la aer şi fără cenuşă.

Pentru a doua cifră a numărului de cod, s-au delimitat în cadrul claselor de huile, grupe de cărbuni pe baza capacităţii de aglutinare.

Capacitatea de aglutinare se apreciază pe baza indicelui de liberă umflare sau a „indicelui Roga".

Determinările făcute în mod comparativ au dovedit că există o corespondenţă înaintată între cei doi indici. După cum se vede din tabela 2 se deosebesc 4 grupe de clasificare după caracteristica de aglutinare notate de la 0 la 3.

Tabela 2

Clasificarea huilelor după însuşirile de aglutinare

A doua cifră de cod, grupa	Indicele liberei umflări	Indicele Roga	Caracteristica de aglutinare
0	0...1/2	0... 5	neaglutinat
1	1...2	5...20	slab aglutinat
2	2,1/2...4	20...45	mediu aglutinat
3	4,1/2...9	45	puternic aglutinat

Deoarece determinarea liberei umflări sau a indicelui Roga sînt determinări la încălzire rapidă şi valorile lor nu reprezintă întocmai comportarea huilelor la încălzirea înceată, aşa după cum decurge procesul în cuptoarele de cocs, s-a considerat necesar să se subîmpartă grupele în subgrupe, după însuşirile de cocsificare.

Subgrupa dă valoarea celei de a treia cifră a indicelui de cod din clasificarea huilelor. Delimitarea subgrupelor se face prin metoda dilatometrică sau metoda Gray-King, care după încercările făcute sînt echivalente. După cum se vede din tabela 3 s-au separat 6 subgrupe notate cu 0 pînă la 5, iar limitele au fost stabilite pe baza experienţei de pînă acum. Totuşi nu se poate spune că există o corespondenţă perfectă în toate cazurile practice.

Tabela 3

Clasificarea în subgrupe, exprimînd capacitatea de cocsificare

A treia cifră de cod, subgrupa	Dilatarea %	Tipul cocsului după Gray-King	Caracterizarea capacităţii de cocsificare
0	Fără înmuiere	A	Necocsificabil
1	Numai contracţie	B pînă la D	Foarte slab cocsificabil
2	Slab sau maxim. egal cu zero %	E pînă la G	Slab cocsificabil
3	Peste 0 pînă la 50%	G_1 pînă la G_4	Mediu cocsificabil
4	Peste 50% pînă la 140%	G_4 pînă la G_8	Bine cocsificabil
5	Peste 140% dilatare	Peste G_8	Capacitate de cocsificare excesivă

Se menţionează că nu toate grupele sînt împărţite în cele 6 subgrupe, deoarece între capacitatea de aglutinare şi calităţile cocsului există o legătură strînsă, care face ca la cărbunii slab aglutinaţi să nu corespundă decît capacităţi de cocsificare slabe sau foarte slabe, iar la cărbunii puternic aglutinaţi pot corespunde numai capacităţii de cocsificare calificate cu „slab", „mediu", „bine", sau „excesiv".

Deci:

grupa 0 — are o subgrupă (cifra 0)
grupa 1 — are 2 subgrupe (cifrele 1 şi 2)
grupa 2 — are 3 subgrupe (cifrele 1, 2 şi 3)
grupa 3 — are 4 subgrupe (cifrele 2, 3, 4 şi 5).

Pe baza celor expuse s-a alcătuit propunerea de clasificare internaţională pentru huile şi antracit, redată în tabela 4.

Pentru uşurarea comerţului internaţional de cărbuni utilizînd drept bază ştiinţifică această clasificare a cărbunilor, tipurile de cărbuni notate prin cele 3 cifre de cod au fost reunite în grupe comerciale notate cu I pînă la VII, care cuprind toţi cărbunii utilizabili pentru acelaşi scop.

Pe tabela de clasificare grupele comerciale sînt separate prin linii groase.

In general, în aceste grupe intră cărbuni cu următoarele caracteristici:

Grupa comercială I cuprinde cărbuni antracitoşi cu un randament de materii volatile de 3...10% şi un reziduu de cocsificare sub formă

Sistem de clasificare internaţional pentru huilă (propunere)

Grupele
Capacitatea de aglutinare

A doua cifră de cod	Parametrii alternativi: Grad de umflare	Parametrii alternativi: Cifra de aglutinare după Roga
3	4 1/2 p. la 9	>45
2	2 1/2 p. la 4	>20 p. la 45
1	1 p. la 2	>5 p. la 20
0	0 p. la 1/2	0 p. la 5

Numerele de cod

				435	535	635			
					Vc				
			334	434	534	634			
			Va	Vb					
			333	433	533	633	733		
			332 a / 332 b			Vd			
				432	532	632	732	832	
			323	423	523	623	723	823	
			322	422	522	622	722	822	
			IV			VI			
			321	421	521	621	721	821	
		212	312	412	512	612	712	812	
		211	311	411	511	611	711	811	
	100 IA IB	200 II	III 300	400	500	VII 600	700	800	900

Subgrupe
Capacitatea de cocsificare

A treia cifră de cod (grad de cocsificare)	Parametrii alternativi: Determinarea dilatometrică % dilataţie	Parametrii alternativi: Gray-King Tipul cocsului
5	>140%	$>G_8$
4	>50÷140%	$G_5 \div G_8$
3	>0÷50%	$G_1 \div G_4$
2	⩽0%	E÷G
3	>0÷50%	$G_1 \div G_4$
2	⩽0%	E÷G
1	numai contracţie	B÷D
2	⩽0%	E÷G
1	numai contracţie	B÷D
0	nici o înmuiere	A

Clase

Prima cifră de cod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Materii volatile la substanţa liberă de apă şi cenuşă în %	0÷3	>3÷10	>10÷14	>14÷20	>20÷30	>30				
		>3÷6,5 / >6,5÷10		>14÷16 / >16÷20						
Putere calorifică superioară a subs. uscate (30° C, 97%) la aer şi fără cenuşă în kcal/kg.	—					>8450	8450 p. la 7750	7750 p. la 7200	7200 p. la 6100	<6100

Cifre indicative pentru materii volatile.

Cl 5 : 30÷36%
6 : 30÷41%
7 : 33÷44%
8 : 35÷50%
9 : 42÷50%

Probele de cărbune nu trebuie să aibă mai mult de 10% cen. la cercetare, altfel cărbunele trebuie preparat

de praf (echivalentă în STAS—R.P.R. 3632—52 cu grupa H/A).

Grupa comercială II cuprinde cărbunii slabi cu 10...14% materii volatile, cocsul fiind tot praf (echivalentă în STAS—R.P.R. cu prima jumătate din grupa HS).

Grupa comercială III cuprinde toţi cărbunii slab aglutinabili şi foarte slab cocsificabili cu un conţinut de materii volatile de 10...30%. In această grupă intră huilele slab cocsificabile din grupa HS (STAS—R.P.R. 3632—52), precum şi acei cărbuni, care după randamentul de materii volatile ar trebui să fie cocsificabili, dar care în urma unor influenţe exterioare (vulcanice sau atmosferice) şi-au pierdut proprietăţile de cocsificare.

In grupa comercială IV, intră toţi cărbunii cu capacităţi de aglutinare medii, cu materii volatile de la 14...30% avînd echivalent pentru ţara noastră în primul rînd grupa HC din STAS—R.P.R.

Grupa comercială V cuprinde 4 subgrupe comerciale;

V a — huilele grase cu 16...20% materii volatile;

V b — huilele grase cu 20...30% materii volatile;

V c şi V d — huile de gaz puternic aglutinante. Cele din grupa V c, sînt ceva mai puternic cocsificabile decît cele din grupa V d.

Pentru ţara noastră grupei V nu îi corespunde probabil decît hrupa HGr şi poate cîteva straturi ale unor mine care se găsesc în grupa HG.

Grupa comercială VI grupează huile de gaz şi huile de gaz flambante cu cocsificare slabă sau medie avînd echivalent în clasificarea STAS-R.P.R., grupa HG, şi unele zăcăminte din grupa HL.

Grupa comercială VII cuprinde huile avînd aglutinare slabă sau nulă iar cocsificarea nulă sau foarte slabă; reziduul în creuzet este praf sau lipit. Echivalentele în STAS-R.P.R. sînt grupa HL şi clasa B/H.

In tabela 5 prezentăm o încercare de comparare a grupelor comerciale din clasificarea internaţională cu clasele şi grupele corespunzătoare din STAS 3632—52 R.P.R. [10].

Bineînţeles că această sistematizare preliminară trebuie să fie discutată şi confirmată de cercetările ce trebuie făcute în continuare în acest domeniu.

Examinînd tabela 5 apare o discordanţă între clasificarea internaţională privind clasa 5 STAS antraciţi A, care în clasificarea internaţională nu figurează decît ca o clasă de metantracit. De altfel problema modificării STAS-ului în acest sens a mai fost ridicată şi după cum am mai arătat socotim că este just ca clasa V să cuprindă 3 grupe sub forma:

5.1 — huilă antracitoasă H/A cu 6,5...10% materii volatile.

5.2 — antracit AA cu 3(4)...6,5% materii volatile.

5.3 antracit meta — A.M cu 0...3(4)% materii volatile, urmînd ca astfel să ne apropiem mai mult de clasificarea internaţională.

In ceea ce priveşte clasificarea huilelor (clasele 3 şi 4 din STAS 3632—52 R.P.R.), pentru a reprezenta o situaţie reală şi pentru a se crea concordanţa cu clasificarea internaţională, credem că este necesar ca pe baza unui material

Clasificarea actuală *Tabela 5*

Conform STAS 3632-52		După clasificarea internaţională					
Denumire	Volatile	Grupa com.	Număr de cod	Materii volatile	Caracteristici		Obs.
					de aglutinare	de cocsificare	
Antracit A	1...4	—	0	—	—	—	meta.
Huilă antracit H/A	4...10	IA şi IB	100	3...6,5 >3...10 6,5...10	neaglutinant	necocsificabil	
Huilă slabă degr. HS	10...19	II III	200 211/311	>10...14 >14...20	neaglutinant slab aglutinant	necocsificabil f. slab cocsificat	
Huilă de cocs HC	19...32	IV	422/423	>20...30	mediu aglutinant	mediu cocsificabil	
Huilă grasă HGr	25...38	V	433/434/435 533/534/535	>20...30 >30	puternic aglutinant	bine şi excesiv cocsificabil	
Huilă de gaz HG	35...45	V d	633/733	>20	puternic aglutinant	mediu cocsificabil	
		VI	623/723/612 712/ etc.	>30	mediu aglutinant	mediu şi slab cocsificabil	
Huilă cu flacără lungă HL	41...50	VI	612/712/812	>30	slab aglutinant	slab cocsificabil	
		VII	711/811	>30	slab aglutinant	f. slab cocsificabil	
Cărbuni bruni huiloşi B/H	42...52	VII	711/811/700 800/900	>30	slab şi neaglutinant	necocsificabil sau f. slab cocsificabil	

cît mai bogat acumulat, să se subîmpartă grupele 4, 2, 4,3 şi 4, 5, mai ales datorită faptului că în domeniul huilelor de gaz varietatea tipurilor de cărbune şi a caracteristicilor de cocsificare cer acest lucru.

Trebuie luat în considerare faptul că huilele de gaz formează prin cantitatea lor, materia primă principală pentru industria noastră cocsochimică, şi după cum s-a constatat în cercetările noastre făcute în cadrul ICEC, [10] există varietăţi foarte diferite de acest fel de cărbune, exprimate de exemplu la aparatul Gray-King prin tipurile G_3 şi F pentru aceeaşi grupă HG din STAS.

De altfel pentru a ajunge în concordanţă cu realitatea şi pentru a avea o corespondenţă cu clasificarea internaţională şi cu celelalte clasificări naţionale, clasa cărbunilor bruni huiloşi B/H ar trebui inclus ca prima grupă a clasei huilelor deoarece toate caracteristicile ei justifică efectuarea acestei schimbări. Urmele de acizi humici care se mai găsesc doar în cîteva mine aparţinînd acestei grupe de cărbuni nu justifică trecerea întregii grupe separat de clasa huilelor.

In cazul acceptării acestei schimbări propuse am ajunge şi în concordanţă cu clasificarea decimală a materialelor combustibile propusă de cercetătorii polonezi, care este raţională şi satisfăcătoare pentru nevoile industriale. In acest caz huilele ar avea şi la noi indicele 3 iar antraciţii indicele 4.

Clasificarea internaţională reprezintă o propunere ce trebuie verificată în practică.

In literatura tehnică mondială au şi apărut diferite observaţii dintre care trebuie menţionate cele cuprinse în articolul lui A. W. Kwiecinski care propune în primul rînd ca prima cifră de cod a clasificării internaţionale să fie indicele de incarbonizare Wieluch, calculat din materiile volatile pe baza relaţiei :

$$(105 - K)^2 = 58\ (V + 4)$$

în care : K este indicele Wieluch ;

V — reprezintă materiile volatile %.

In acest fel claselor din clasificarea internaţională le corespund indicii K precum urmează :

Tabela 6

Clasa din clasificarea internaţională	Indicele Wieluch K
0	85
1 A	80
1 B	78
2	73
3	69
4	65
5	60
6	58
7	57
8	56
9	54

aşa încît în loc de 535 de exemplu, să se codifice cărbunele respectiv prin 60—35 sau 6 035, unde 60 este indicele Wieluch iar 35 reprezintă grupa şi subgrupa clasificării internaţionale.

După părerea lui Kwiecinski aceasta ar permite extinderea codificării şi la celelalte materiale cărbunoase, de exemplu la cărbunii bruni, la care cele 2 cifre din urmă ar putea reprezenta alte însuşiri, ca de pildă capacitatea de brichetare.

Din punct de vedere al cărbunilor existenţi în ţara noastră, credem că clasificarea internaţională serveşte foarte bine scopurilor industriale şi corespunde nevoilor industriei noastre cocso-chimice, fiind necesară însă completarea metodelor şi criteriilor de clasificare cu aparatul plastometric Sapojnicov-Bazilevici, deoarece după cum este recunoscut şi în alte ţări, grosimea stratului plastic — y — dă date precise asupra interşanjabilităţii cărbunilor în sarja de cocs.

Pentru ţara noastră, unde există cărbuni cu $y = 40$ mm şi alţii cu contracţii $x = 30...35$ mm, introducerea acestei metode drept criteriu de clasificare este absolut necesară,

Pentru a putea adopta şi pentru ţara noastră clasificarea internaţională a cărbunilor care să fie pusă în concordanţă şi cu STAS-ul de clasificare 3632—52 trebuie făcute studii şi cercetări largi pentru strîngerea de date, trebuie utilizate metodele internaţional recunoscute, pe care va trebui să le introducem şi să le verificăm în laboratoarele noastre şi pe baza rezultatelor obţinute, după ample discuţii, să aplicăm această clasificare şi la noi.

Bibliografie

[1] *Kwiecinski W. A.* : Clasificarea cărbunilor şi însuşirile lor, Przeglad Gorniczy, nr. 4/1953.

[2] *Roga B.* : Clasificarea internaţională a cărbunilor, Bergbautehnick, 1954.

[3] *Demann W., Radmachen W.* şi *Mantel W.* : Clasificarea internaţională a cărbunilor Brenstoff Chimie, nr. 9—10/1954.

[4] *Breitenstein I.* : Incercări de stabilirea unor metode internaţionale de cercetări pentru huile, Gos Wosser Wärme nr. 11—12/1953.

[5] *Laszlo P.* : Metode rapide de determinare a materiilor volatile, Magyar Energiagazdasag, nr. 12/1953 şi 1/1954.

[6] *Blum I.* : Clasificarea combustibililor solizi în Cercetări ştiinţifice, Institutul de Chimie Industrială din Bucureşti, 1939.

[7] STAS 3632—52.

[8] *Barbu I.* : Despre standardizarea, clasificarea şi codificarea cărbunilor din ţara noastră, Buletinul de standardizare, nr. 8, anul III Bucureşti, 1951.

[9] *Ionescu N.* : Lămuriri în legătură cu standardizarea cărbunilor în ţara noastră, Buletinul de standardizare nr. 9 anul III, Bucureşti, 1951.

[10] *Barbu I.* şi *Stefănescu I.* : Despre clasificarea cărbunilor Standardizarea, anul VI, nr. 11 şi 12, Bucureşti, 1954.

Despre problema funcţionării pe aceiaşi stîlpi a două circuite de tensiuni diferite

Ing. M. HORODNICEANU

Funcţionarea pe aceiaşi stîlpi a circuitelor de tensiuni diferite are ca efect, în cazul unei puneri la pămînt pe unul din circuite, inducerea în cel de al doilea circuit a unei tensiuni care poate fi periculoasă pentru izolaţia liniei aeriene. Se prezintă metode analitice pentru calculul tensiunilor electrostatice şi electromagnetice induse şi se analizează modul cum influenţează tratarea neutrului reţelelor asupra valorii supratensiunilor induse.

Problema inducţiei datorită cîmpurilor electromagnetice şi electrostatice, care se produc în jurul conductorilor liniilor electrice de transport, prezintă o deosebită importanţă practică, atît în activitatea de proiectare, cît şi în exploatarea reţelelor de înaltă tensiune. Din variatele probleme pe care fenomenele de inducţie le pun în faţa celor care studiază funcţionarea reţelelor electrice este suficient să amintim : influenţa asupra liniilor de telecomunicaţii vecine, aplicarea metodei de reparare „pe fază" a liniilor aeriene, montarea conductorilor pe stîlpi care au un circuit sub tensiune, etc. O situaţie de funcţionare în care fenomenele de inducţie trebuie analizate cu deosebită atenţie este cazul funcţionării pe aceeaşi stîlpi a două circuite de tensiuni diferite. De exemplu, pe stîlpii cu dublu circuit ai unei linii de 60 kV, unul din circuite poate fi echipat şi utilizat pe o anumită porţiune în 25 kV.

In regimul de funcţionare normală, tensiunea indusă de unul din circuite asupra celuilalt, are practic valori cu totul neglijabile în raport cu tensiunea de serviciu a reţelei. Tensiunea indusă capătă însă valori importante cînd în circuitul perturbator se produce o punere la pămînt. In condiţiile unei puneri la pămînt, circuitul perturbator capătă un potenţial homopolar ridicat sau este străbătut de curenţi homopolari importanţi (după modul de tratare a neutrului) ceea ce provoacă inducerea pe cale electrostatică sau electromagnetică a unor tensiuni care pot atinge valori periculoase.

Determinarea inducţiei electrostatice în cazul funcţionării pe aceeaşi stîlpi a circuitelor de tensiuni diferite a mai fost tratată într-un articol publicat în această revistă ; în el se clarifică o serie de aspecte importante ale acestei probleme [3].

Este necesar însă să se menţioneze că metoda utilizată în articolul citat pentru determinarea elementelor componente ale schemei de calcul nu este suficient de precisă, întrucît curbele recomandate sînt valabile pentru condiţii ce diferă de cele ale problemei studiate. Din această cauză, în articolul de faţă s-au adoptat metode analitice pentru calculul capacităţilor homopolare proprii şi mutuale ale celor 2 circuite în prezenţă, ceea ce fără a implica calcule laborioase, permit să se obţină o exactitate satisfăcătoare. In cele ce urmează, se analizează de asemeni felul cum influenţează tratarea neutrului reţelelor care se găsesc în prezenţă asupra valorii supratensiunilor induse.

1. Consideraţii generale

Se consideră un stîlp pentru dublu circuit (fig. 1) echipat cu 2 circuite funcţionînd sub

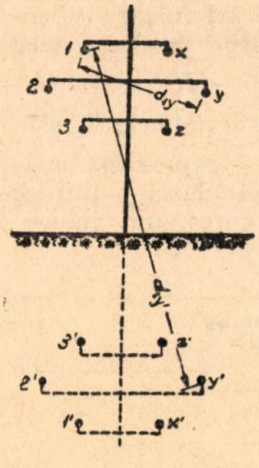


Fig. 1.

tensiuni diferite. Circuitul *1* (format din conductorii *1, 2, 3*) va fi considerat în cele ce urmează drept circuit perturbator, urmînd a se stabili tensiunea care se introduce în circuitul *x* (format din conductorii *x, y, z*).

a) *Inducţia electrostatică.* Intre cei 6 conductori în prezenţă pe stîlp şi pămînt se formează un

cîmp electric care este echivalent cu cîmpul format de conductori şi imaginile lor faţă de pămînt.

In acest cîmp electric conductorii capătă potenţiale ce pot fi exprimate prin ecuaţiile lui Maxwel :

$$U_1 = \alpha_{11}\, q_1 + \ldots + \alpha_{1x} q_x + \ldots + \alpha_{1n} q_n$$

$$U_2 = \alpha_{21}\, q_1 + \ldots + \alpha_{2x}\, q_x + \ldots + \alpha_{2n} q_n$$

$$\ldots \quad \ldots \quad \ldots$$

$$U_x = \alpha_{x1}\, q_1 + \ldots + \alpha_{xx} q_x + \ldots + \alpha_{xn} q_n \qquad (1)$$

unde coeficienţii de potenţial α au următoarele expresii generale :

$$\alpha_{ii} = 2 \ln \frac{2h_i}{r_i} \cdot 9 \cdot 10^6 \ \text{(km/F)}$$

$$\alpha_{ij} = 2 \ln \frac{d_{ij}'}{d_{ij}} \cdot 9 \cdot 10^6 \ \text{(km/F)}.$$

Dacă se rezolvă sistemul (1) în raport cu sarcinile electrice se obţine :

$$q_x = \beta_{x1}\, U_1 + \ldots + \beta_{xx} U_x + \ldots + \beta_{xn} U_n. \qquad (2)$$

Coeficienţii capacitivi β din această expresie sînt de forma generală

$$\beta_{ij} = \frac{D_{ij}}{D}$$

unde :

D este determinantul coeficienţilor α din sistemul de ecuaţii (1) ;

D_{ij} — minorul determinantului D corespunzător coeficientului de potenţial α_{ij}.

Ţinînd seama de capacităţile mutuale care se stabilesc între conductori şi de capacităţile proprii ale fiecărui conductor faţă de pămînt, sarcina electrică de pe conductorul x se poate exprima şi sub forma :

$$q_x = C_{x1}\,(U_x - U_1) + \ldots + C_{xx}(U_x - O) + \ldots + C_{xn}\,(U_x - U_n). \qquad (3)$$

Expresiile capacităţilor care intervin în această relaţie se determină prin identificarea coeficienţilor din relaţiile (2) şi (3)

$$C_{x1} = -\beta_{x1}$$

$$C_{x2} = -\beta_{x2}$$

$$\ldots\ldots\ldots$$

$$C_{xx} = \beta_{x1} + \beta_{x2} + \ldots + \beta_{xx} + \ldots + \beta_{xn}$$

$$\ldots\ldots\ldots$$

$$C_{xn} = -\beta_{xn}.$$

Dacă se ţine seama de transpunerea conductorilor se poate considera $C_{x1} = C_{x2} = C_{x3}$.

De asemenea, introducînd în calculul capacităţii mutuale între conductorii celor 2 circuite distanţele medii, se poate considera în limitele de aproximaţie admise în practică că tensiunile induse de circuitul *1* în conductorii circuitului x sînt egale $U_x \approx U_y \approx U_z$.

Admiţînd aceste ipoteze simplificatoare şi notînd $U_0 = U_1 + U_2 + U_3$, relaţia (3) devine :

$$q_x = C_{xx} U_x + C_{x1}\,(U_x - U_0). \qquad (4)$$

Analizînd relaţia (4), se observă că sistemul complex format de cei 6 conductori în prezenţă şi de imaginile acestora faţă de pămînt, poate fi înlocuit cu o schemă echivalentă simplă în care fiecare circuit este reprezentat printr-un singur conductor echivalent. Schema echivalentă obţinută în acest fel este reprezentată în fig. 2.

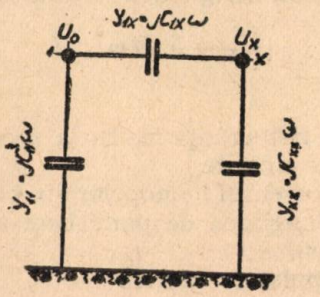


Fig. 2.

Dacă circuitul *1* capătă un potenţial homopolar U_0, definit ca mai sus, rezultă că în circuitul x se va induce o tensiune U_x, care conform schemei echivalente din fig. 2, are valoarea :

$$U_x = \frac{Y_{x1}}{Y_{x1} + Y_{xx}}\, U_0. \qquad (5)$$

Aceasta este formula de bază pentru calculul tensiunii electrostatice induse.

Pentru calculul practic al capacităţilor parţiale C_{xx} şi C_{x1}, se introduc valorile medii pentru distanţele dintre conductori :

$$d = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{31}}$$

$$d_x = \sqrt[9]{d_{1x} \cdot d_{2x} \cdot d_{3x} \cdot d_{1y} \cdot d_{2y} \cdot d_{3y} \cdot d_{1z} \cdot d_{2z} \cdot d_{3z}}$$

$$h = \sqrt[3]{h_1 \cdot h_2 \cdot h_3}$$

Ţinînd seama de aceste distanţe medii, se definesc coeficienţii de potenţial

$$\alpha_{11} = 41{,}4 \cdot 10^6 \ \lg \frac{2h}{r} \ \text{(km/F)}$$

$$\alpha_{12} = 20{,}7 \cdot 10^6 \lg \left[\left(\frac{2h}{d} \right)^2 + 1 \right] \ \text{(km/F)}$$

$$\alpha_{1x} = 20{,}7 \cdot 10^6 \lg \left[\left(\frac{2h}{d_x} \right)^2 + 1 \right] \ \text{(km/F)}.$$

Insfîrşit, în funcţie de coeficienţii de potenţial se calculează coeficienţii capacitivi β şi se obţine, pentru capacitatea proprie a conductorului echivalent al circuitului x valoarea:

$$C_{xx} = \frac{1}{\alpha_{11} + 2\alpha_{12} + 3\alpha_{1x}} \text{ (F/km)}. \qquad (6)$$

La fel pentru capacitatea mutuală medie între cele 2 circuite se obţine valoarea:

$$C_{x1} = \frac{\alpha_{1x}}{[\alpha_{11} + 2\alpha_{12}]^2 - 9\alpha_{1x}^2} \text{ (F/km)}. \qquad (6')$$

b) *Inducţia electromagnetică.* Problema inducţiei electromagnetice este tratată pe larg în literatură, de aceea nu vom insista asupra chestiunilor teoretice legate de aceasta. Dacă circuitul perturbator este străbătut de curentul homopolar I_h, în circuitul perturbat se induce pe cale electromagnetică tensiunea:

$$U'_x = 3\, M\omega I_h\, l \qquad (7)$$

unde:

M este inductanţa mutuală specifică a celor 2 circuite;
I_h — curentul homopolar din primul circuit;
l — lungimea de paralelism a celor 2 circuite;
ω — pulsaţia reţelei.

Pentru tipurile de stîlpi întîlnite în practică, la frecvenţa de 50 Hz în funcţie de distanţa medie dintre cele 2 circuite, se pot lua pentru reactanţa inductivă mutuală valorile din tabela de mai jos:

d_x (m)	2	3	4	5	6	9
$M\omega$(Ω/km) .	0,4	0,38	0,35	0,33	0,32	0,3

2. Reţele cu neutrul izolat

Dacă în circuitul perturbator se produce o punere la pămînt, reţeaua fiind cu neutrul izolat, capătă un potenţial homopolar $U = U_1 + U_2 + U_3 = 3\, U_{fază}$. In aceste condiţii, în circuitul x se induce pe cale electrostatică o tensiune U_x, a cărui valoare se poate calcula cu ajutorul formulei (5).

Inlocuind în formula (5) admitanţele Y_{x1} şi Y_{xx} valorile lor în funcţie de coeficienţii de potenţial (formulele 6 şi 6') se obţine

$$U_x = \frac{\alpha_{1x}}{\alpha_{11} + 2\,\alpha_{12} - 2\,\alpha_{1x}} \cdot U_0 = kU_0. \qquad (8)$$

Pentru tipurile de stîlpi cu dublu circuit întîlnite în practică coeficientul k ia valori cuprinse între 013...018, prin urmare tensiunea electrostatică introdusă corespunzătoare este de 40—50% din tensiunea pe fază a circuitului perturbator. In realitate, dacă se ţine seama de faptul că în general lungimea de paralelism între cele două circuite este mică în raport cu lungimea întregii reţele, reiese că tensiunea indusă are valori mult mai mici decît cele calculate cu formula (8). Intr-adevăr, în formula (5) Y_{x1} reprezintă admitanţa corespunzătoare capacităţii mutuale între cele două circuite pe porţiunea de paralelism, în timp ce Y_{xx} reprezintă admitanţa homopolară a circuitului x pe toată lungimea reţelei legată galvanic. Rezultă deci că Y_{xx} este mult mai mare decît Y_{x1} astfel că în general — pentru reţelele cu neutrul izolat — tensiunea indusă ia valori mai mici decît 25% din tensiunea pe fază a circuitului perturbator.

In sfîrşit, trebuie menţionat că pentru stîlpii prevăzuţi cu conductori de protecţie, tensiunea indusă va fi mai mică decît cea calculată cu formula (5). Practic, se poate considera că prezenţa unui conductor de protecţie are ca efect scăderea tensiunii induse cu circa 30%.

3. Reţelele cu neutrul legat la pămînt prin bobină de reactanţă

In cazul cînd neutrul reţelei este legat la pămînt prin bobină de reactanţă, în schema echivalentă stabilită mai sus (fig. 2), trebuie să se introducă în paralel cu capacitatea C_{xx} reactanţa bobinei de punere la pămînt. Schema

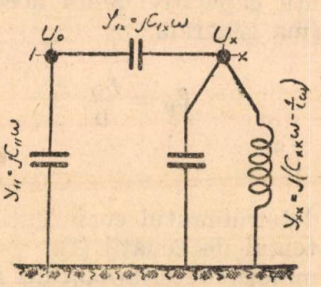


Fig. 3.

echivalentă modificată în acest sens este reprezentată în fig. 3.

Admitanţa homopolară rezultantă a circuitului x devine:

$$Y_{xx} = j\left(C_{xx}\,\omega - \frac{1}{L\omega}\right).$$

Se observă că în funcţie de reactanţa bobinei, Y_{xx} poate fi mai mare ca 0 (bobină subacordată) Y_{xx} poate fi 0 (bobină acordată) sau Y_{xx} poate fi mai mic ca 0 (bobină supraacordată). Intrucît în calculul tensiunii induse intervine valoarea lui Y_{xx} (formula 5) rezultă în definitiv că şi valoarea tensiunii induse este funcţie de reactanţa bobinei de stingere.

Dacă bobina este perfect acordată cu capacitatea reţelei ($Y_{xx} = 0$), conform formulei (5) rezultă că tensiunea indusă este egală cu tensiunea perturbatoare $U_x = U_0 = 3\, U_f$, ceea ce reprezintă o tensiune periculoasă pentru izolaţia reţelei de tensiune mai joasă. O situaţie şi mai

periculoasă este în cazul bobinei supraacordate, astfel ca $Y_{xx} = -Y_{1x}$. In acest caz se produce un fenomen de rezonanţă, şi apar valori foarte mari ale tensiunii induse (teoretic $U_x = \infty$).

In fig. 4 este reprezentată variaţia tensiunii induse în funcţie de valorile lui Y_{xx}. Se observă

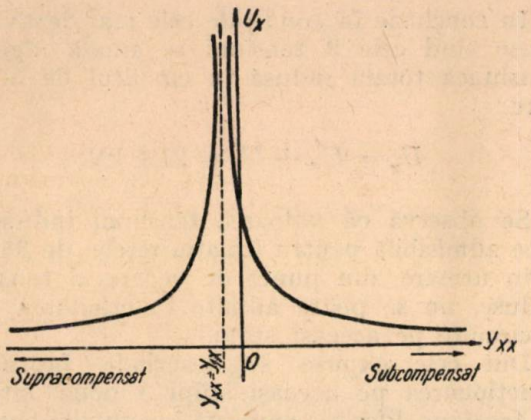


Fig. 4.

că pentru o zonă în jurul poziţiei de acord a bobinei cu capacitatea reţelei, valorile tensiunii induse sînt foarte mari, deci periculoase pentru izolaţie. Tensiunea indusă are valori mici atît în zona de subacord cît şi în zona de supraacordare a bobinei. Trebuie observat însă că în cazul bobinei subacordate, în urma declanşării unor linii, reţeaua poate ajunge într-o situaţie de acord, cînd tensiunea indusă ia valori periculoase. De aceea este indicată funcţionarea numai în domeniul bobinei supraacordată (curentul rezultant în punctul de defect inductiv). Practic, pentru un dezacord uzual de 15—20%, valoarea tensiunii induse nu este periculoasă pentru izolaţie.

Exemplu de calcul: Se consideră funcţionarea pe aceeaşi stîlpi a unui circuit de 60 kV şi a unui circuit de 25 kV. Circuitele sînt echipate cu conductori 50 mm² cupru. Inălţimea medie de suspensie a conductorilor este $h = 14$ m, distanţa medie între conductori fiind $d = 3$ m; $d_x = 5$m.

Lungimea de paralelism este de 20 km. Cele două reţele au neutrul tratat prin bobină de stingere. Curentul capacitiv total de punere la pămînt în reţeaua de 25 kV este de 30 A. Să se determine care trebuie să fie dezacordul minim al bobinei din reţeaua de 25 kV, pentru ca tensiunea indusă să nu devină periculoasă.

In funcţie de dimensiunile geometrice date, se calculează coeficienţii de potenţial şi se obţin valorile:

$$\alpha_{11} = 157 \cdot 10^6\,;\ \alpha_{12} = 40{,}3 \cdot 10^6\,;\ \alpha_{1x} = 31{,}3 \cdot 10^6.$$

Introducînd aceste valori în formula (6') se obţine:

$$C_{x1} = \frac{31{,}3}{(157 + 2 \cdot 40{,}3)^2 - 9 \cdot 31{,}3^2} \cdot 10^{-6} = 0{,}656 \cdot 10^{-9}\ \text{F/km}$$

$$X_{x1} = jC_{x1}\,\omega \cdot l = j\,0{,}656 \cdot 10^{-9} \cdot 314 \cdot 20 = j\,4{,}1 \cdot 10^{-6}\ \text{S}.$$

Dacă în reţeaua de 60 kV se produce o punere la pămînt, apare o tensiune perturbatoare $U_0 = U_1 + U_2 + U_3 = 3 \cdot \frac{60}{\sqrt{3}} = 104$ kV.

Tensiunea indusă în circuitul de 25 kV va fi conform formulei (5)

$$U_x = \frac{Y_{x1}}{Y_{x1} + Y_{xx}} \cdot 104.$$

Pentru reţeaua de 25 kV admitem ca fiind nepericuloasă o tensiune indusă $U_x \leqslant 10$ kV, care adunată cu tensiunea stelată să nu întreacă tensiunea între faze a reţelei. Intrucît bobina din reţeaua de 25 kV va fi supraacordată, tensiunea indusă va fi de semn contrar cu tensiunea perturbatoare ($U_x = -10$ kV). Introducînd această valoare în relaţia de mai sus rezultă că este necesar ca admitanţa rezultantă a circuitului x să fie:

$$Y_{xx} \leqslant -11{,}4\ Y_{1x} = -j\ 46{,}7 \cdot 10^{-6}\ \text{S}.$$

Curentul homopolar corespunzător acestei admitanţe este:

$$I_0 = 3\ VY_{xx} = 3\,\frac{25\,000}{\sqrt{3}} \cdot 46{,}7 \cdot 10^{-6} \cong 2\ \text{A}.$$

Curentul capacitiv total de punere la pămînt al reţelei de 25 kV fiind de 30 A, rezultă că pentru ca tensiunea indusă să nu depăşească valoarea admisă (10 kV) este necesar ca bobina să asigure o supracompensare de minimum $\frac{2 \cdot 100}{30} = 6{,}7\,\%$

4. Reţele cu neutru legat direct la pămînt

Presupunem funcţionarea pe aceeaşi stîlpi a două circuite, primul avînd neutrul legat direct la pămînt, iar al doilea fiind cu neutrul izolat (sau tratat cu bobină de stingere). Dacă în primul circuit se produce o punere la pămînt, aceasta echivalează cu un scurtcircuit monopolar. Fiind situaţi în cîmpul magnetic produs de curenţii homopolari, care străbat în acest caz primul circuit, în conductorii celui de al doilea circuit se induce pe cale electromagnetică o tensiune U_x'. Valoarea tensiunii induse în acest fel se calculează cu formula (7).

Dar pe lîngă fenomenul de inducţie electromagnetică descris mai sus, se produce şi un fenomen de inducţie electrostatică. Intr-adevăr, primul circuit fiind străbătut de curentul de scurtcircuit monofazat capătă un potenţial homopolar:

$$V_h = I_h \cdot X_h$$

unde:

I_h este curentul homopolar în punctul de defect;

X_h — reactanţa homopolară redusă în punctul de defect.

Ca urmare se induce în circuitul x pe cale electrostatică o tensiune:

$$U_x'' = kU_0 = 3\ kV_h \text{ (vezi formula 8)}.$$

In cel mai defavorabil caz, tensiunea indusă electromagnetic este în fază cu cea indusă pe cale electrostatică, adunîndu-se algebric

$$U_x = U'_x + U''_x.$$

Exemplu de calcul: Se consideră paralelismul dintre o linie de 110 kV şi o linie de 35 kV. Lungimea de paralelism este 30 km. Distanţa medie între cele 2 circuite $d_x = 8$ m. Schema conexiunilor electrice este reprezentată în fig. 5

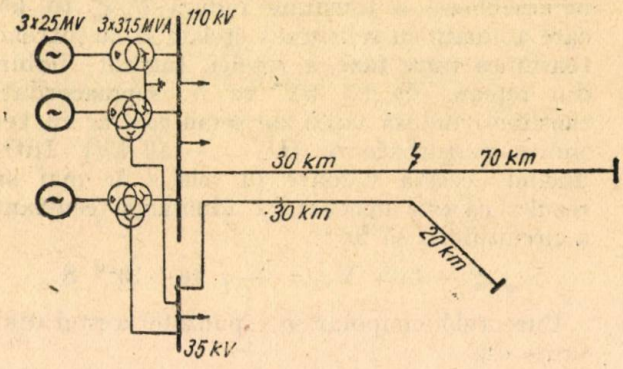


Fig. 5.

Calculîndu-se reactanţele reduse în punctul de defect, pentru reţelele de secvenţă directă, inversă şi homopolară, se obţin următoarele valori:

$X_d = X_i = 3{,}35$; $X_h = 4{,}4$ (în unităţi relative, $P_b = 1\,000$ MVA).

Curentul homopolar în punctul de defect este:

$$I_h = \frac{E}{X_d + X_i + X_h} \cdot \frac{P_b}{\sqrt{3}\, U_{med}} =$$

$$= \frac{1{,}08}{3{,}35 + 3{,}35 + 4{,}4} \cdot \frac{1\,000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0{,}49 \text{ kA}.$$

Introducînd această valoare în formula (7) se obţine:

$$U'_x = 3 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}49 \cdot 30 = 13{,}3 \text{ kV}.$$

Potenţialul homopolar pe care-l capătă reţeaua de 110 kV este:

$$V_h = X_h \, I_h = 47 \text{ kV}.$$

Aplicînd formula (8) se determină tensiunea electrostatică indusă (cunoscînd elementul geometric al stîlpului s-a determinat $k = 0{,}1$)

$$U''_x = 3 \cdot 0{,}1 \cdot 47 = 14{,}1 \text{ kV}.$$

In concluzie în condiţiile cele mai dezavantajoase cînd cele 2 tensiuni se adună algebric, tensiunea totală indusă în circuitul de 35 kV este:

$$U_x = U'_x + U''_x = 27{,}4 \text{ kV}.$$

Se observă că valoarea tensiunii induse nu este admisibilă pentru izolaţia reţelei de 35 kV. Prin urmare, din punct de vedere al tensiunii induse, nu se poate admite funcţionarea celor 2 circuite pe aceeaşi stîlpi.

Din cele expuse se desprinde faptul că funcţionarea pe aceeaşi stîlpi a două circuite de tensiune diferite comportă în anumite condiţii pericolul inducerii în circuitul vecin a unor tensiuni care pot periclita izolaţia. Ţinînd seama tocmai de acest lucru, „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice" interzic instalarea pe suporţii liniilor de înaltă tensiune a conductorilor liniilor de tensiuni diferite. Aceasta este pe deplin valabil şi se poate aplica fără nici o dificultate în cazul liniilor noi. Problema rămîne în schimb deschisă pentru situaţiile existente. In aceste cazuri urmează să se determine prin calcul — aşa cum s-a arătat în articol — valoarea tensiunii induse. Dacă aceasta nu întrece valoarea supratensiunii admisibile pentru reţeaua studiată, reiese că se poate admite funcţionarea mai departe a celor două circuite pe aceeaşi suporţi, pînă ce va fi posibil să se reconstruiască liniile respective în conformitate cu „Prescripţile de exploatare tehnică".

Bibliografie

[1] *Perkalin M. A.*: Circuite electrice, G.E.I., 1950

[2] *Sirotinski*: Tehnica tensiunilor înalte, vol. III, G.E.I., 1948,

[3] *Bensimon A.*: Determinarea efectelor periculoase ale inducţiei electrostatice între linii de tensiuni diferite funcţionînd pe stîlpi comuni, Energetica, nr. 1—2/1953

★

ПО ВОПРОСУ О РАБОТЕ НА ТЕХ ЖЕ ОПОРАХ ДВУХ ЦЕПЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Резюме

Работа цепей различного напряжения на тех же опорах имеет как следствие то что в случае замыкания на землю в одной из цепей, во второй наводится напряжение которое может быть опасно для изоляции воздушной линии. Даются аналитические методы для расчета наведенных электростатических и электромагнитных напряжений и анализируется как влияет положение нейтрали на значение наведенного перенапряжения.

Staţiuni de pompare cu funcţiuni multiple

Prof. dr. ing. A. BĂRGLĂZAN

După ce se arată importanţa staţiunilor de pompare cu funcţiuni multiple pentru culturile irigate, se dau o serie de staţiuni de pompare cu funcţiuni multiple, cu parametrii lor, care prezintă soluţii originale pentru anumite situaţii de la noi din ţară.

Apa variază în spaţiu şi timp, atît cantitativ cît şi calitativ. Această variaţie se produce în mod natural, independent de voinţa noastră. Cum însă apa este un element de bază şi indispensabil atît pentru viaţa organică cît şi pentru orice fel de activitate omenească, este absolut necesar ca ea să fie stăpînită în spaţiu şi timp. Cu alte cuvinte cu mijloacele pe care tehnica le pune la dispoziţie acest element, apa, trebuie să fie asigurat oriunde şi numai atît cît este necesar. Apa prea multă produce calamităţile cunoscute din timpul inundaţiilor, iar apa prea puţină nenorocirile din timpul secetelor excesiv de mari.

Pe lîngă aceste cazuri extreme mai este cazul cînd prin alimentarea cu apă în plus a unor regiuni sau localităţi se asigură o productivitate mai mare a agriculturii, o productivitate mai mare a unor industrii sau chiar posibilitatea realizării unor noi culturi mai valoroase sau a unor noi industrii mai utile.

In industrie s-ar putea spune că are un rol hotărîtor atît în privinţa locului unde se poate instala o fabrică cît mai ales în ceea ce priveşte calitatea produselor.

Este suficient să se menţioneze că o instalaţie de alimentare cu apă a unei întreprinderi industriale mari depăşeşte mult, în ceea ce priveşte capacitatea şi cantitatea de apă furnizată, instalaţia de alimentare cu apă a unui oraş important.

Oricare utilizare a apei trebuie rezolvată în aşa fel, încît toate celelalte utilizări posibile să nu sufere.

In agricultură s-a dovedit că prin irigaţii nu numai că productivitatea aproape a tuturor culturilor a crescut foarte mult, dar utilizarea apei în multe împrejurări a putut înlocui sau ajuta munca manuală a muncitorilor.

Datorită utilizării apei în agricultură multe regiuni din ţara noastră complet necultivate în trecut din cauza solului inapt pentru culturi, au devenit astăzi regiuni foarte fertile producînd produse de calitate superioară şi în mare cantitate.

In astfel de împrejurări intervine rolul important al staţiilor de pompare cu funcţiuni multiple de a dirija apa în orice împrejurare în aşa fel încît culturile să aibă întotdeauna cantitatea şi calitatea de apă prescrisă indiferent de apa disponibilă.

In cele ce urmează vor fi date cîteva staţiuni de pompare în funcţiune cu ajutorul cărora s-a rezolvat într-o măsură oarecare această problemă. Staţiunile de pompare în general cuprind : sistemul hidraulic de aducere a apei spre staţiune ; sistemul hidraulic de conducere a apei de la staţiuni ; pompele şi maşinile de antrenare a pompei.

Din punct de vedere al aducerii apei spre staţiune se pot distinge două cazuri şi anume : staţiunea se află lîngă rezervorul de unde se ia apa, sau staţiunea se află la o distanţă relativ mare de la rezervor, respectiv cursul de apă. In cazul cînd staţiunea este în imediata apropiere a rezervorului de apă respectiv a cursului de apă, o problemă importantă pentru staţiunea de pompare o constituie variaţia nivelului apei din rezervor respectiv a cursului de apă. De multe ori acest fapt are o influenţă determinantă în privinţa tipului de maşini hidraulice ce trebuie instalate în staţiune. In cazul cînd staţiunea în mod fortuit este aşezată la o distanţă mai mare de rezervor sau cursul de apă problema conducerii apei de la rezervor respectiv de la cursul de apă pînă la staţiunea de pompare trebuie rezolvată ca o problemă aparte, urmînd ca problema aspiraţiei să fie rezolvată ca mai sus.

Din punct de vedere al conducerii apei de la staţiune spre utilizare se pot distinge iarăşi două cazuri şi anume : conducerea apei se face prin conducte sub presiune sau prin canale cu faţa liberă. In cazul cînd conducerea apei se face prin conducte, staţiunea de pompare poate fi aşezată la orice cotă sub nivelul apei din amonte cu condiţia bineînţeles de a fi respectată sarcina de aspiraţie admisibilă. In cazul cînd conducerea apei se face prin canale cu faţa liberă direct de la staţiunea de pompare, atunci pompa trebuie să ridice apa direct la cota care dă pantele şi secţiunile economice pentru transportul debitelor necesare la diferitele locuri de utilizare.

In privinţa echipajului mecanic al staţiunii de pompare (pompe şi maşini de antrenare) se pot spune următoarele : pompele pot fi radiale cu debit relativ mic cu sarcină şi turaţie mare, axiale cu debit mare şi sarcină mică şi turaţie efectivă mică. Atît unele cît şi celelalte pot fi cu axul orizontal sau vertical cuplate direct sau indirect cu maşina de antrenare.

Pompele în general este bine să funcţioneze pe cît posibil la aceleaşi condiţii hidraulice (debit şi sarcină) pentru ca randamentul lor să fie cel mai bun adică consumul de energie

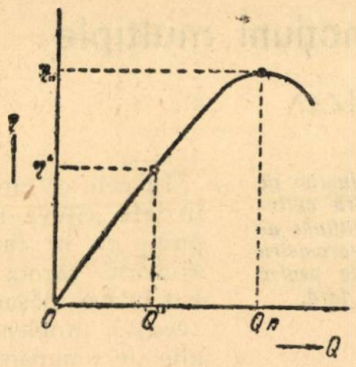


Fig. 1.

pe unitate de volum de apă la înălţimea de ridicare necesară să fie cel mai mic.

Adică pentru un debit Q m³/s la înălţimea H m, în timpul t sînt necesare:

$$E = \frac{\gamma VH}{102\,\eta} = \frac{\gamma QHt}{102\eta} \text{ kWh}$$

şi:

$$E' = \frac{\gamma Q' Ht'}{102\,\eta'} \text{ kWh, cu } \gamma Qt = \gamma Q't' = V.$$

Se obţine:

$$\frac{E}{E'} = \frac{\eta'}{\eta}$$

şi cum în general η' este cu atît mai mic faţă de η cu cît Q' este mai mic faţă de Q de regim rezultă că şi energia necesară pentru unitatea de volum de apă ridicată va fi cu atît mai mare cu cît Q' va fi mai diferit de Q normal (fig. 1).

In cazul cînd totuşi este nevoie ca pompele să funcţioneze la debite variabile, acest lucru se poate realiza cu pierderi minime de energie fie prin variaţia turaţiei pompei atunci cînd este posibilă, fie prin mobilitatea paletelor statorului la pompele radiale pentru înălţimi de ridicare mari, sau mobilitatea paletelor rotorului în cazul pompelor axiale. Prin aceste operaţii se realizează o variaţie mai mică a randamentului cu debitul. Cu aceste măsuri o staţiune de pompare poate fi foarte uşor făcută să funcţioneze complet automat, adică debitul pe care-l dă staţiunea să varieze în mod automat după necesitatea de apă la locul de utilizare.

La construcţia pompelor domeniul din punct de vedere al debitului şi sarcinii pe unitate s-ar putea spune că este nelimitat. Elementul însă care influenţează în mare măsură pompa atît din punct de vedere constructiv cît şi din punct de vedere al funcţionării ei este fenomenul de cavitaţie, respectiv înălţimea de aspiraţie. Înălţimea de aspiraţie trebuie să nu depăşească limita care produce la aspiraţie o presiune egală cu presiunea de evaporare a apei la temperatura respectivă. Deci distanţa pe verticală de la nivelul inferior al apei pînă la punctul cel mai înalt al rotorului, numită sarcina geometrică de aspiraţie nu poate depăşi o valoare bine determinată (fig. 2)

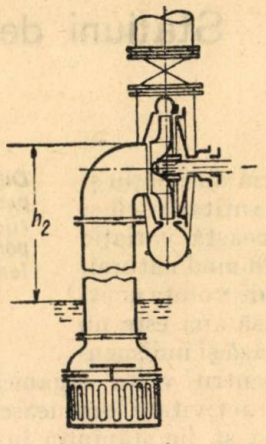


Fig. 2.

$$h_{2max} = \frac{p_{at}}{\gamma} - \frac{p_{ev}}{\gamma} - \frac{v^2}{2g} - \Sigma hp - \Delta h' - \Delta h'' - \Delta h'''$$

unde:

$\frac{p_{at}}{\gamma}$ = 10,35 m;

$\frac{p_{ev}}{\gamma}$ este coloana de apă corespunzătoare presiunii de evaporare a apei la temperatura respectivă;

$\left(\frac{p_{ev}}{\gamma}\right)_{20°}$ = 0,24 m coloană de apă şi $\left(\frac{p_{ev}}{\gamma}\right)_{admisibil}$ = = 2 m col. apă,

v — viteza apei din conducta de aspiraţie (1—1,5 m/s),

Σhp — suma pierderilor de sarcină în tot lungul conductei de aspiraţie (locale şi lineare) = $= \frac{v^2}{2g}\left[\Sigma\lambda\frac{l}{d} + \Sigma\,\zeta\right]$,

$\Delta h'$ — diferenţa de presiune pe cele două feţe ale paletei rotorului exprimată în m coloană apă,

$\Delta h' = \frac{60\,\varphi Q\,Hth}{2\pi\,n\,zb\,S'}$ la pompele radiale şi

$\Delta h' = kC_A\frac{w_\infty^2}{2g}$ la cele axiale,

$\Delta h''$ — diferenţa de presiune datorită schimbării direcţiei curentului de apă înainte de intrarea în rotor.

$$\Delta h'' = \frac{v^2 - v_{m_1}^2}{2g},$$

$\Delta h'''$ — diferenţa de presiune datorită grosimii muchiei de intrare a paletei rotorului

$$\Delta h''' = \psi\frac{w_1^2}{2g}.$$

În cazul cînd sarcina de aspirație este mai mare decît h_{2max} care rezultă din expresia de mai sus, presiunea de la intrarea în rotor scade sub presiunea de evaporare la temperatura respectivă și apa la intrare se transformă în vapori. Bulele cu vapori antrenate de curent ajung în zona de presiuni mai mari unde vaporii se condensează din nou. Din cauză că deformația lichidului este foarte mică, modulul de elasticitate al apei fiind $E = 10^4$ kg /cm², rezultă o creștere foarte mare a presiunii atingînd uneori valori de ordinul miilor de kg/mm². După unda de suprapresiune urmează unda de depresiune însoțită eventual de o nouă vaporizare, apoi de o nouă condensare a lichidului și așa mai departe. Consecințele cavitației sînt distrugerea rotorului de pompă într-un interval scurt de timp micșorarea randamentului, debitului și a sarcinii vibrației și zgomote dăunătoare.

Deci tipul și condițiile în care trebuie să funcționeze o pompă sînt determinate de cota apei de unde pompa trebuie să aspire. In cazul cînd această cotă este constantă, problema este simplă instalîndu-se pompa în așa fel încît să fie asigurată funcționarea ei în orice împrejurare fără pericol de cavitație. In cazul însă cînd nivelul de la aspirație este variabil problema trebuie tratată în mod special în fiecare caz în parte și aflată soluția care asigură evitarea fenomenului de cavitație. Soluțiile posibile în cazul acesta sînt diferite ca de exemplu : pompa axială cu axul vertical, stațiune plutitoare, etc.

In cazul cînd debitul necesar variază în limite foarte largi și se cunoaște modul de variație al lui în timp, trebuie studiată soluția cea mai economică avîndu-se în vedere mai multe unități în stațiune.

Cînd stațiunea este cu pompe centrifugale este bine ca toate unitățile să fie identice iar în cazul cînd stațiunea este cu pompe axiale este bine să aibă toate aceleași dimensiuni doar că un număr din ele ar putea fi cu paletele rotorului mobile.

Antrenarea pompei în stațiune se poate face prin cuplare directă, prin transmisie sau prin angrenaj. Cea mai bună soluție este cuplarea directă.

Motorul de angrenare poate fi :

— motor electric asincron,
— motor cu combustie internă,
— mașină cu abur,
— turbină hidraulică,
— motor eolian,

fiecare din acestea avînd caracteristici bine definite și locul de utilizare care rezultă din considerații economice.

In cazul puterilor mari pentrucă pompa pornește în plină sarcină este nevoie ca legătura motorului de antrenare cu pompa să se facă prin intermediul unui transformator hidraulic care asigură o trecre ușoară de la repaos la regimul normal de funcționare a pompei sau prin alte mijloace cunoscute.

Stațiuni de pompare pentru înălțimi mari de ridicare se pot echipa cu pompe centrifugale de tipul aceleia din fig. 3 care funcționează

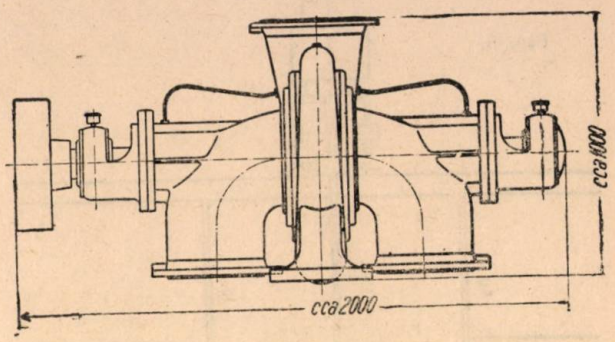


Fig. 3.

cuplată direct cu un motor electric asincron asigurînd un debit de $Q = 500$ l/s la o sarcină manometrică de $H_m = 50$ m, cu o sarcină de aspirație de $h_a = 3-4$ m și $n = 1\,200$ rot/min.

Pentru sarcini relativ mici și debite mari stațiunile de pompare vor fi prevăzute în general cu pompe de tipul Kaplan de cele mai multe ori cu axul vertical rareori cu axul orizontal. Aceste pompe prezintă avantaje deosebite pentru instalații de irigații și anume :

— au o construcție relativ simplă ;
— fiind cu axul vertical, înecată în apa din aval nu este nevoie de amorsare specială ;
— fiind de tipul cel mai rapid merge la turații relativ mari ;
— permite reglarea debitului prin mobilitatea paletelor rotorului ;
— merge bine la debite oricît de mari ;
— randamente bune.

Din punct de vedere al înălțimii de ridicare sînt limitate la valori ale înălțimii de 6—8 m. Pentru înălțimi mai mari de ridicare se pot utiliza deocamdată astfel de pompe cu mai mulți rotori în serie — soluție care prezintă o complicație tehnică de execuție.

Curbele caracteristice ale acestor pompe (fig. 4) sînt favorabile. Se observă din ele că prin mo-

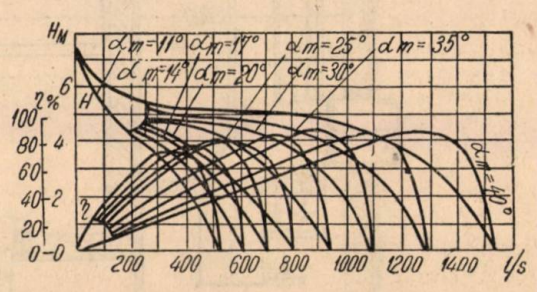


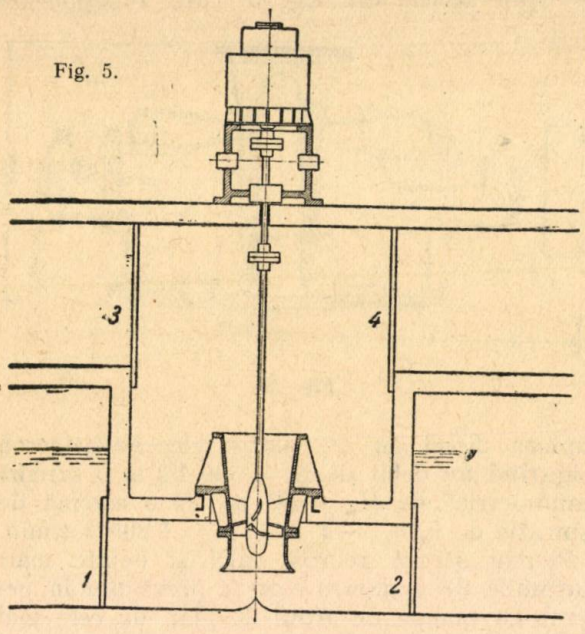
Fig. 4.

bilitatea paletelor rotorului domeniul lor de utilizare se mărește mult.

Cu astfel de pompe se pot realiza ușor stațiuni de pompare cu funcțiuni multiple cum se poate vedea din fig. 5. In această stațiune este o pompă cu axul vertical antrenată printr-un motor electric tot cu axul vertical *1*, *2*, *3* și *4*

reprezintă *4* vane care se pot închide sau deschide independent una de alta. Se observă că

Fig. 5.



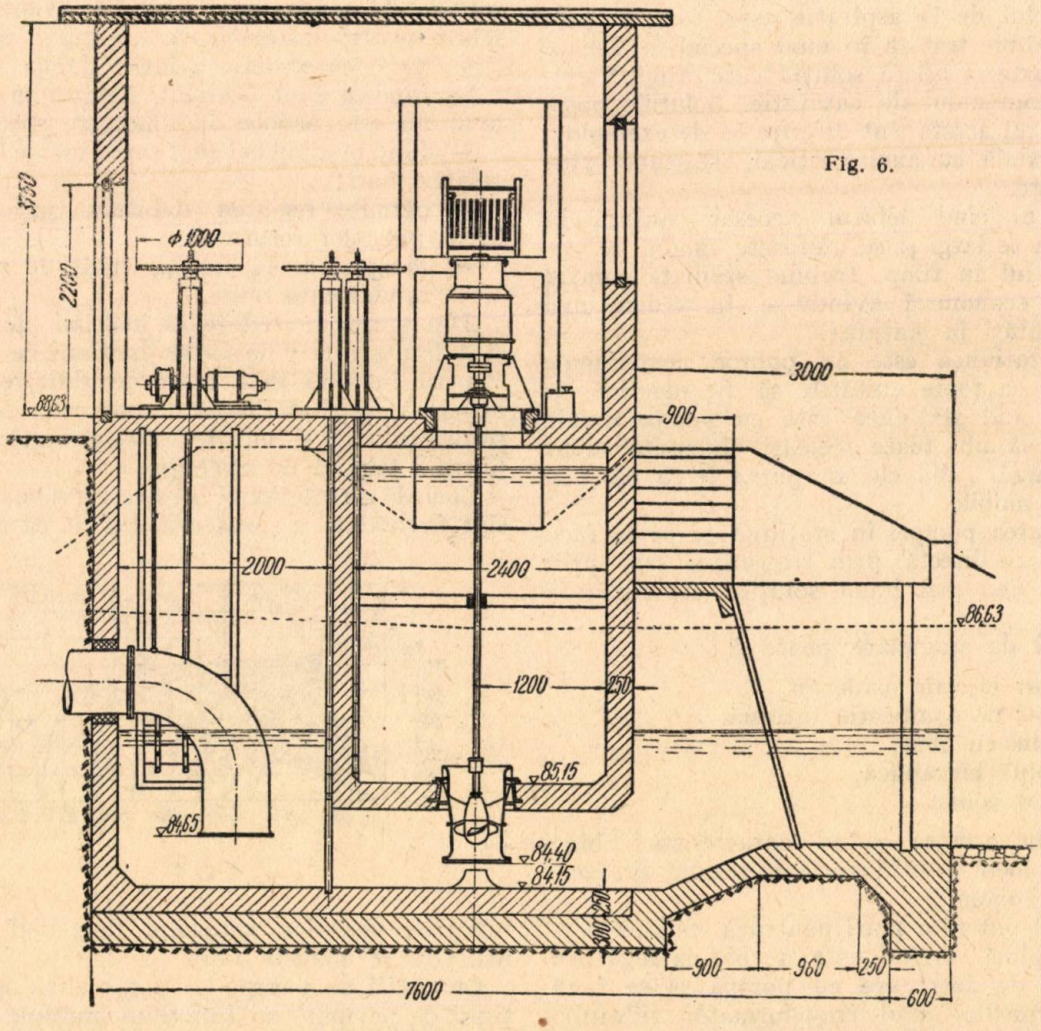
pompare şi anume : cînd nu este nevoie de pompare scurgerea de la *1* spre *2* putîndu-se face prin gravitaţie se deschide *1* şi *2*. Cînd nu merge prin gravitaţie şi voim să deplasăm lichidul de la *1* spre *2* cu ajutorul pompei se deschide *1* şi *4* şi se închide *2* şi *3*. Cînd voim să pompăm în sens invers de la *2* spre *3* se deschide *2* şi *3* şi se închide *1* şi *4*. Dacă cele 4 bazine sînt independente la fel se pot face toate combinaţiile.

O astfel de staţiune care este în funcţiune lîngă Timişoara se poate vedea în cele ce urmează (fig. 6 şi 7).

Această staţiune are misiunea de a alimenta cu apă dintr-un curs natural o suprafaţă de circa 100 ha.

Locul unde s-a fixat staţiunea de pompare este caracterizat printr-un strat de argilă la suprafaţă, gros de circa 1,5 m după care urmează un strat de nisip de o grosime foarte mare fapt care a determinat diferitele cote ale staţiunii şi conducerea apei de la rîu pînă la staţiune prin sifon. O altă caracteristică a terenului este aceea că datorită poziţiei lui speciale este inundabil în special primăvara din

Fig. 6.



prin manevrarea potrivită a vanelor se pot obţine mai multe funcţiuni ale staţiunii de cauza topirii zăpezii. In timpul irigaţiilor apa disponibilă este limitată şi insuficientă.

Conducerea apei din rîu spre staţiune se face printr-o conductă metalică în sifon cu un diametru interior de 600 mm. Cota orificiului de intrare este de 84,40 m. Cota apei din rîu normală este de 85,50. Sifonul are o lungime de

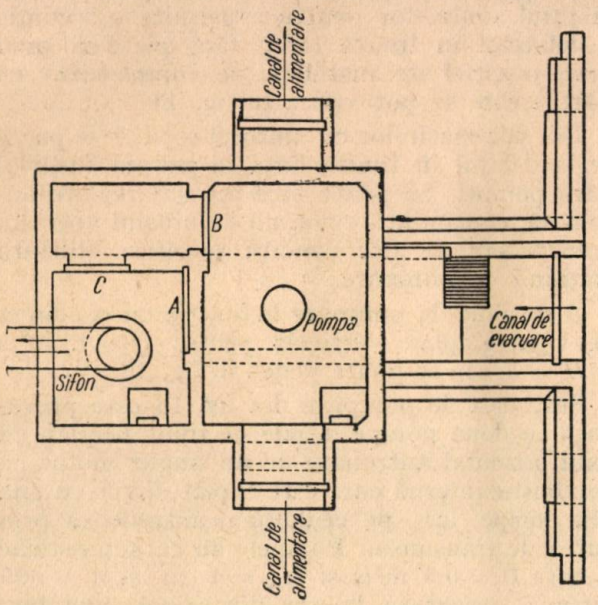


Fig. 7.

30 m. Cota secţiunii sifonului de la capătul din staţiune este de 84,65 m. Cota maximă la care trebuie refulată apa este de 88,50 m. Staţiunea de pompare are o infrastructură din beton armat şi o supraconstrucţie din cărămidă sclivisită cu mortar de ciment. Bazinul pompei are trei camere separate prin ziduri despărţitoare din beton armat. Planşeul dintre cele două camere susţine pompa.

Pompa este de tipul Kaplan cu axul vertical, deci scufundată, pentru parametrii : $Q = 500$ l/s, $H_m = 3$ m, $n = 800$ rot/min. Puterea motorului de antrenare $N = 30$ CP. Turaţia specifică a pompei $n_s = 900$ rot/min. Diametrul exterior al rotorului $D = 450$ mm. Paletele sînt formate din profile hidrodinamice şi sînt fixe. Rotorul are trei palete iar statorul opt. Diferenţa maximă de presiuni pe cele două feţe ale paletei este de 6,95 m coloană de apă.

Anexele staţiunii de pompare sînt :

— motorul electric cu axul vertical cuplat direct cu pompa ;

— moto-pompă de vid pentru amorsarea sifonului ;

— trei stavile cu dispozitivele lor de manevră ;

— două transformatoare şi tablourile de distribuţie cu anexele lor ;

— o macara.

Cu ajutorul stavilelor o astfel de staţiune poate îndeplini următoarele funcţiuni :

1. Alimentează terenul de irigat.
2. Evacuează apa de pe terenul de irigat.
3. Alimentează în circuit închis.
4. Alimentează parţial în proporţia dorită de apă proaspătă şi apă uzată.

Pentru primul caz se deschide stavila A şi se închide stavila B şi C (fig. 7). Sifonul se amorsează cu pompa de vid. Apa din camera sifonului curge în camera pompei de unde este ridicată prin pompare la cota de 87,60, de unde deversează în cele două canale, care au cota fundului tot de 87,60 m. Prin pompare cota apei de la refulare poate ajunge pînă la 88,50 m. Prin cele două canale care pornesc în direcţii opuse apa este condusă pînă la locul de utilizare.

Evacuarea apelor de pe terenul de irigat — fie că sînt ape din culturile irigate, fie că sînt ape de inundaţie provenite din topirea zăpezilor sau a unor ploi torenţiale — se face printr-un canal de evacuare a cărei cotă de fund este de 84,50m, pînă la staţiunea de pompare unde trebuie pompate în cursul de apă a cărui cotă normală este de 85,50 m. Pentru această operaţiune se deschid stavilele B şi C şi se închide stavila A (fig 7). Apele ajunse la pompă sînt ridicate în camera pompei de unde prin orificiile stavilelor B şi C ajung în camera sifonului prin care sînt conduse spre rîu.

Pentru alimentarea în circuit închis se închid toate stavilele, apele de evacuare ajunse la pompă sînt ridicate în camera pompei şi de aici trec în canalele de alimentare.

Pentru alimentarea parţială stavilele B şi C rămîn închise şi stavila A este deschisă parţial.

Costul unui m³ de apă ridicat de această staţiune din analiza tuturor cheltuielilor rezultă de 0,021 lei/m³.

O altă staţiune de pompare pentru evacuarea apelor de inundaţii din spatele digurilor de apărare înspre albia rîului ar fi aceea din fig. 8, pentru parametrii $H = 3$ m, şi $Q = 1$ m³/s.

Această staţiune este prevăzută cu o pompă axială de tipul Kaplan cu axul vertical care

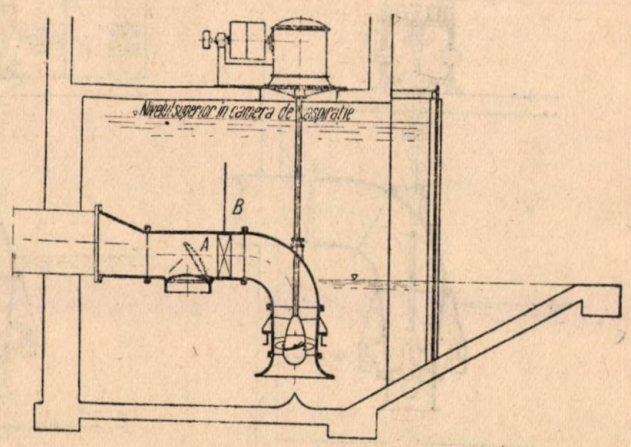


Fig. 8.

poate fi antrenată fie printr-o curea de transmisie de la un tractor fie prin cuplarea directă cu un motor cu combustie internă cu axul orizontal sau cu un motor electric normal.

La o astfel de staţiune adeseori se poate întîmpla ca nivelul apelor din camera de aspiraţie să fie mai mare decît nivelul apelor din

recipient, în cazul acesta nu este nevoie de pompare pentrucă apele se pot scurge prin gravitaţie prin aceiaşi conductă de refulare prin clapa A care în astfel de împrejurări se deschide în mod automat. Cînd poziţia relativă a cotelor din cele două bazine se schimbă,

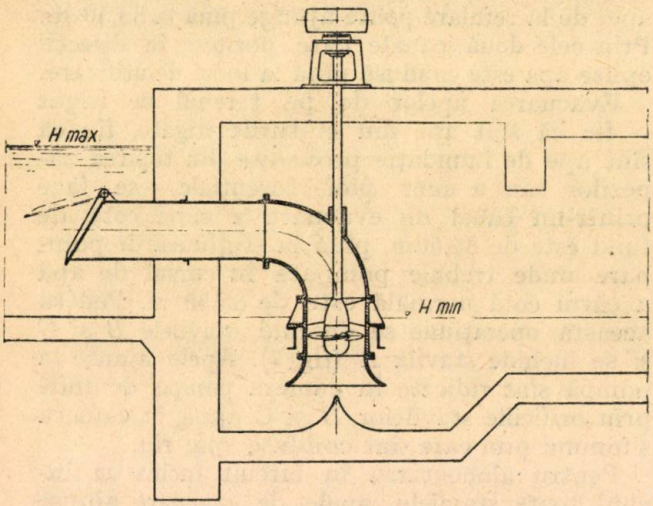


Fig. 9

evacuarea apei se face prin pompare. Pentru a putea izola cele două bazine este prevăzut în conducta de refulare o vană B.

O altă staţiune de pompare cu pompe axiale de tipul Kaplan antrenate prin curea încrucişată este aceea din fig. 9. Parametrii acestei staţiuni sînt $Q = 0{,}750$ m³/s, $H = 2$ m, şi $n = 570$ rot/min. In privinţa antrenării acestor pompe de tipul Kaplan cu axul vetical, cu sau fără paletele rotorului mobile se pot realiza construcţii care să facă faţă tuturor situaţiilor posibile.

In fig. 10 *a*, *b*, *c*, se vede cum o astfel de pompă poate fi cuplată direct cu un motor electric cu axul vertical, cu un motor electric cu axul orizontal sau motor cu combustie internă şi cum poate fi antrenată prin transmisie de curea fără ca ceva să se modifice din punct de vedere constructiv.

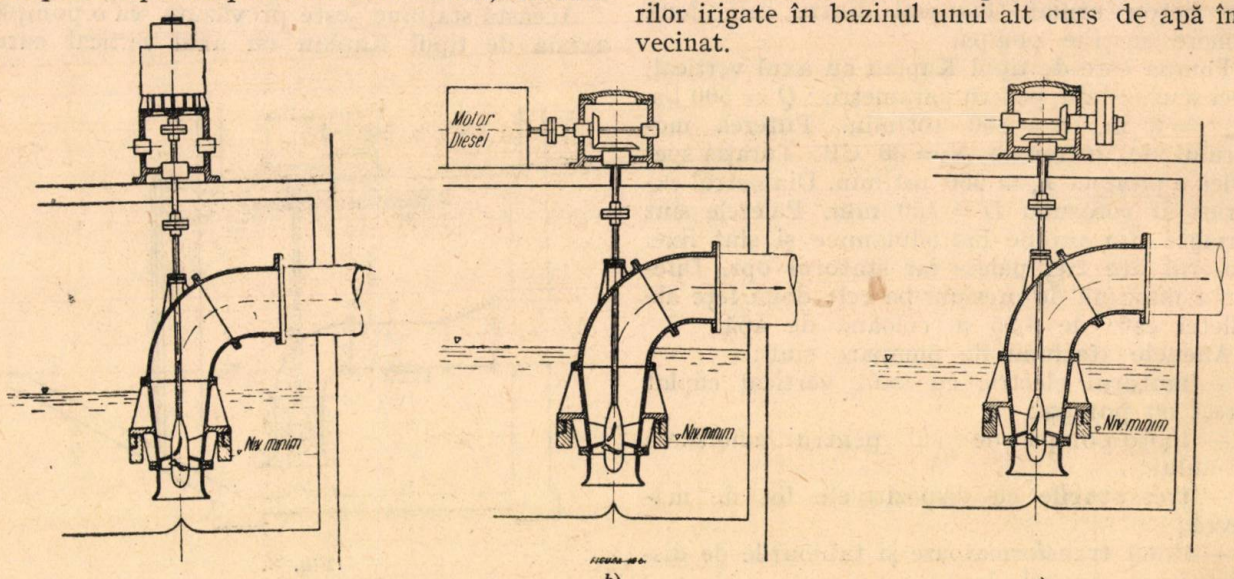
In cazul cînd paletele rotorului sînt mobile în jurul axului lor pentru a permite o variaţie a debitului în limite largi, fără pierderi prea mari o astfel de instalaţie se completează cu părţile care se pot vedea în fig. 11.

Din sala maşinilor cu ajutorul roţii A se poate regla debitul în limite largi în timpul funcţionării pompei. Se poate face această reglare automată, comandată eventual de nivelul apei din amonte sau de alte condiţii specifice utilizării staţiunii de pompare.

O staţiune de pompare în funcţie cu o pompă de tipul Kaplan verticală pentru $Q = 5$ m³/s şi $H = 5{,}5$ m se poate vedea în fig. 12.

Staţiunea de pompare din fig. 13 este prevăzută cu două pompe axiale de tipul Kaplan cu axul orizontal antrenate de un singur motor cu combustie internă care este cuplat direct cu una din pompe, iar pe cealaltă o antrenează prin curea de transmisie. Pompele au caracteristicile fiecare $Q = 0{,}5$ m³/s şi $H_m = 4$ m, şi $n = 800$ rot/min, executate la una din uzinele metalurgice din ţară.

Staţiunea de pompare are mai multe roluri şi anume : trebuie să evacueze apele de inundaţii din toată zona din spatele digului de apărare în timp util, în albia rîului — în timpul verii să alimenteze o regiune importantă cu apă din rîu pentru culturile irigate. Aceeaşi staţiune în mod excepţional poate face ca apele din bazinul rîului de mai sus să treacă pentru nevoile culturilor irigate în bazinul unui alt curs de apă învecinat.



a) *b*) *c*)

Fig. 10

Pe lîngă faptul că apele pot circula cu ajutorul staţiunii de pompare fie într-un sens fie într-altul staţiunea este astfel construită încît să permită scurgerea apelor în ambele sensuri şi prin gravitaţie atunci cînd condiţiile unei astfel de scurgeri sînt îndeplinite.

Staţiunile de pompare pentru debite foarte mari se prezintă ca cea din fig. 14.

Este interesantă staţiunea de pompare din fig. 14 pentrucă deşi înălţimea de ridicare este mică şi debitul relativ foarte mare totuşi s-a prevăzut o pompă de tipul Kaplan cu axul orizontal. Pompa este în sifon şi amorsarea ei trebuie făcută cu ajutorul vidului creat de o instalaţie specială pentru acest scop. Antrenarea în cazul acesta se poate face cu un motor electric normal. In unele împrejurări din cauza turaţiei mici obligatorii a pompei şi pentru un motor electric economic cu turaţie mare este necesar să se prevadă un reductor de turaţie între motor şi pompă.

Una dintre cele mai importante staţiuni de pompare care ar putea servi foarte bine şi pentru multe alte scopuri de aceiaşi natură ar fi aceea de pe Canalul Volga-Don (fig. 15).

Această staţiune prevăzută cu pompe de tipul Kaplan cu axul vertical, cuplate direct cu motoare electrice tot cu axul vertical au fiecare o capacitate de 15 m³/s şi pentru sarcini pînă la 10 m. Particularităţile constructive ale staţiunii se pot vedea din fig. 15.

Tot un fel de staţiuni de pompare cu funcţiuni multiple pot fi considerate şi staţiunile de pompare pentru acumularea energiei hidraulice.

Este ştiut că acumularea energiei în cantităţi mari, se poate face numai cu ajutorul apei ridicînd-o cu ajutorul unei staţiuni de pompare în timpul cînd energia este disponibilă de la o reţea regională, pentru îmbunătăţirea factorului de utilizare, la o înălţime oarecare într-un rezervor artificial. Apa din rezervor reprezintă o energie importantă acumulată. In timpul cererii mai mari de energie, adică în timpul vîrfurilor apa se va întoarce înapoi şi prin intermediul unei turbine se va transforma energia hidraulică în energie electrică prin acelaşi alternator care în timpul pompării a funcţionat ca motor. Deci un astfel de grup necesită trei unităţi (fig. 16) turbină generator şi pompă. Pentru cuplarea şi decuplarea pompei se prevede un transformator hidraulic. Parametrii turbinei sînt $H = 163$ m,

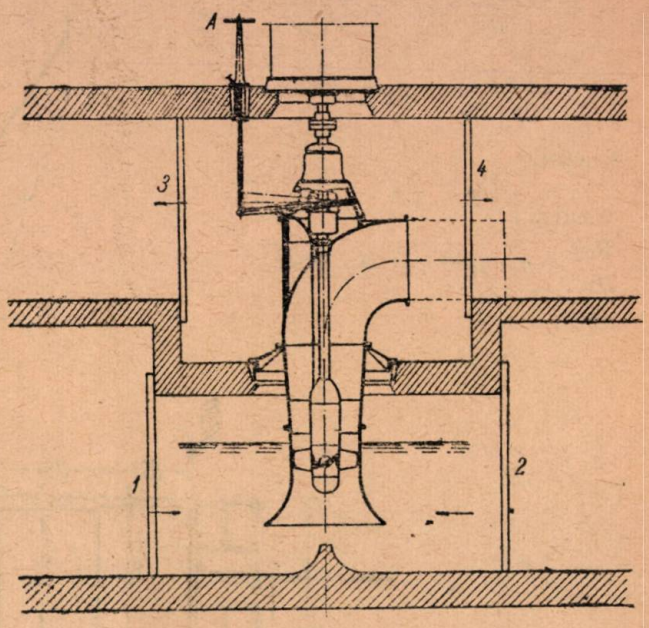


Fig. 11.

$Q = 26{,}4$ m³/s, $n = 300$ rot/min şi $N = 48\,500$ CP. Parametrii pompei sînt: $H = 166$ m, $Q = 12$ m³/s, $n = 300$ rot/min, şi $N = 32\,500$ CP. Situaţia unei astfel de staţiuni se poate vedea din fig. 17.

La o astfel de staţiune de pompare pentru a avea funcţiuni multiple ar trebui ca pompa să fie reversibilă, adică să funcţioneze atît ca pompă cît şi ca turbină. In cazul acesta toată instalaţia s-ar simplifica foarte mult. Deocamdată dificultatea constă în faptul că un rotor cu aceleaşi dimensiuni nu poate creia aceiaşi înălţime ca

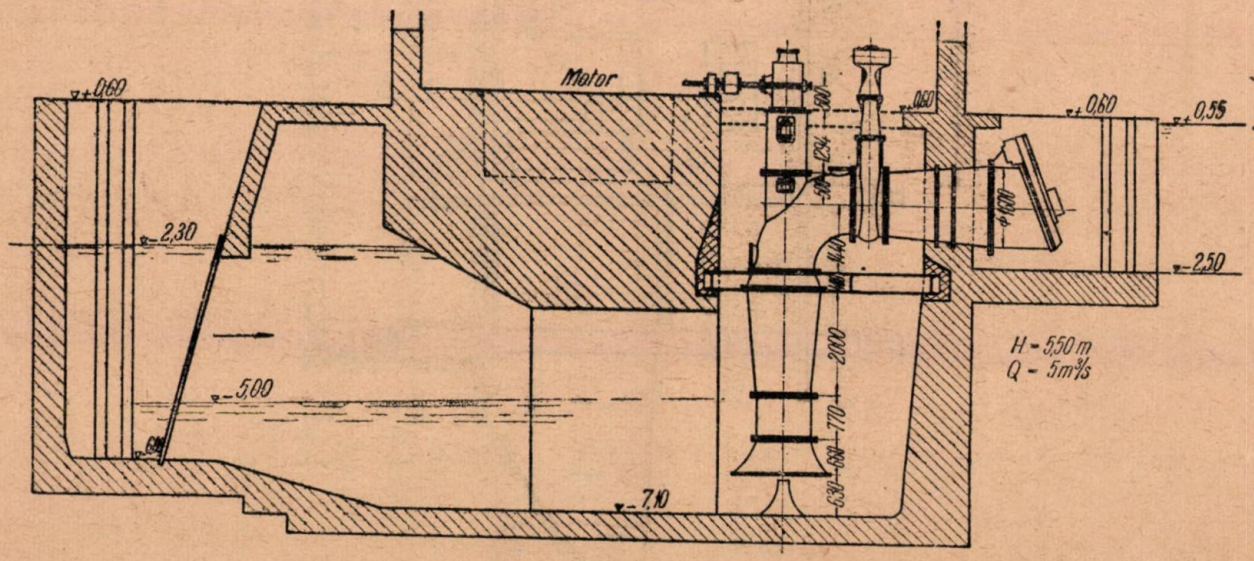


Fig. 12.

pompă şi să utilizeze aceiaşi înălţime ca turbină, pentrucă :

$$N = \frac{\gamma Q_T H_T}{75}\eta_T = \frac{\gamma Q_P H_P}{75\,\eta_P}$$

$$\frac{Q_T H_T}{Q_P \cdot H_P} = \eta_T\,\eta_P \neq 1$$

şi cum

$$Q_P = Q_T$$

rezultă :

$$\frac{H_T}{H_P} = \eta_T \cdot \eta_P \neq 1 \text{ şi } H_T \neq H_P$$

sau dacă facem $H_T = H_P$ rezultă :

$$\frac{Q_T}{Q_P} = \eta_T \cdot \eta_P \neq 1 \text{ şi } Q_P \neq Q_T.$$

Deocamdată soluţiile date pentru această problemă prezintă complicaţii tehnice prea mari.

Problema reversibilităţii din punct de vedere energetic este rezolvată într-o măsură oarecare la maşinile hidraulice axiale. O astfel de staţiune se poate vedea în fig. 18.

Maşina hidraulică din această staţiune poate funcţiona atît ca turbină cît şi ca pompă în condiţii bune, numai prin schimbarea sensului şi mărimii rotaţiei. Tubul de aducere din cazul turbinei serveşte foarte bine de

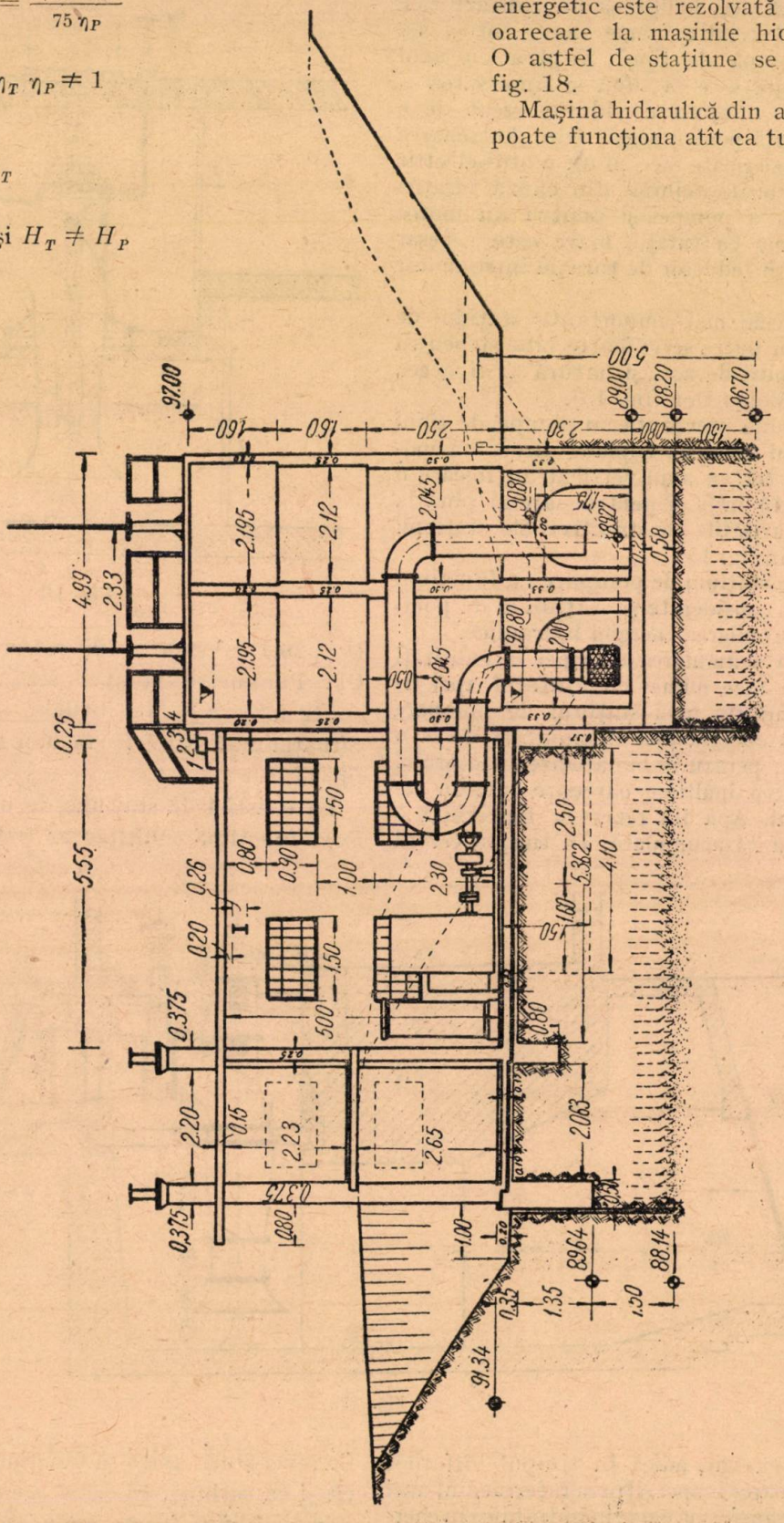


Fig. 13

difuzor în cazul funcționării ca pompă. Dacă în timpul funcționării ca pompă s-ar întîmpla

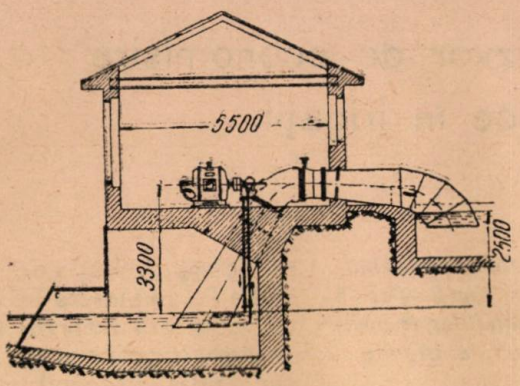


Fig. 14

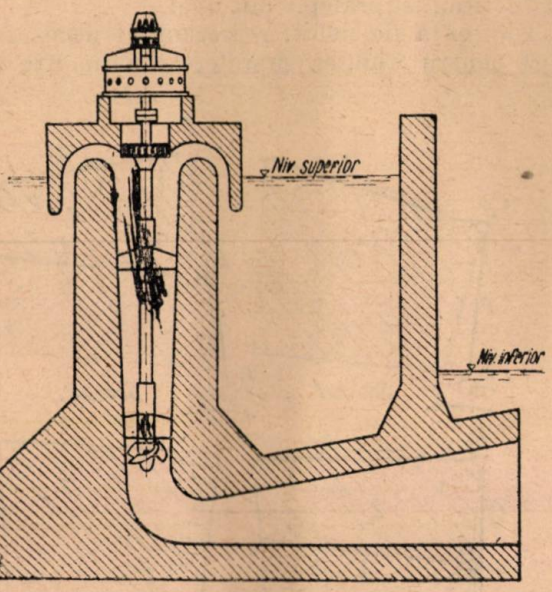


Fig. 15

vreun deranj ca de exemplu un scurtcircuit, odată cu oprirea pompei se închide în mod automat și stăvilarul de la refulare. Mașina ca turbină are caracteristicile următoare : $H_n = 9$ m, $Q = 15$ m³/s și $n = 256$ rot/min, iar ca pompă $H_m = 9{,}25$ m, $Q = 10$ m³/s, $n = 326$ rot/min.

De partea electrică este o mașină asincronă care are pe stator două înfășurări diferite, una pentru 24 de poli și alta pentru 18 poli. Conectarea uneia sau alteia din înfășurări se face cu mîna.

Din cele de mai sus reiese rolul important pe care-l au stațiunile de pompare cu funcțiuni

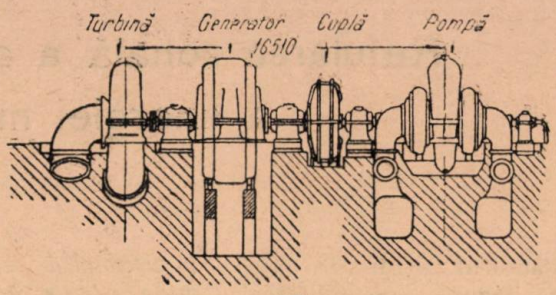


Fig. 16

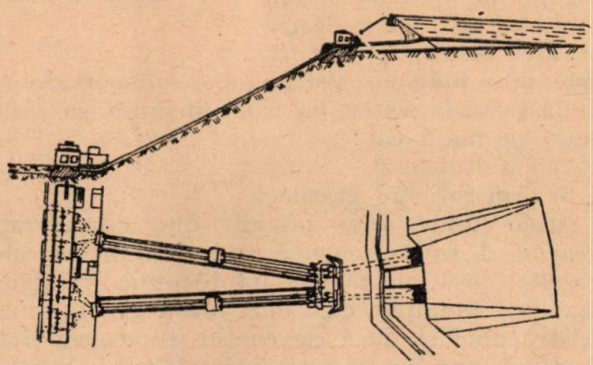


Fig. 17

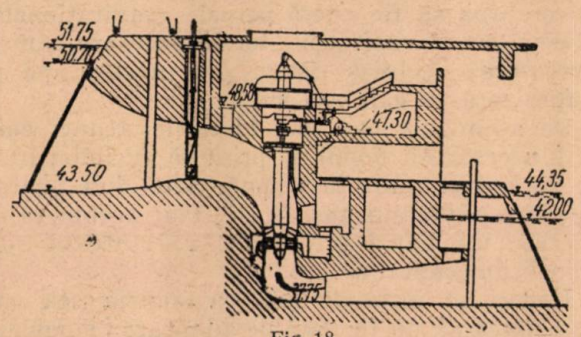


Fig. 18

multiple pentru economia generală a unei țări. Totodată, unele din exemplele date prin faptul că prezintă soluții speciale și originale pentru anumite situații de la noi din țară, verificate, pot servi ca material documentar pentru rezolvarea problemelor similare.

Bibliografie

Turk V. I. : Pompe și stații de pompare, 1953.
Lomakin A. : Pompe centrifugale și axiale. 1950.
Pfleiderer C. P. : Pompe rotitoare.
Bărglăzan A. : Mașini hidraulice, 1952.

★

НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ

Резюме

После того как указывается значение насосных станций комплексного действия для орошаемых культур, описываются ряд насосных станций комплексного действия, вместе с их параметрами, представляющие оригинальные решения в применении к местным условиям нашей страны.

Refularea zonală a apei, izvor de economisire a energiei mecanice în irigaţii

Ing. N. POPESCU

In articolul de faţă autorul studiază posibilităţile oferite de condiţiile topografice în scopul micşorării puterii instalaţiilor de pompare ce deservesc un sistem de irigaţie.

Factorul prim de care este legată posibilitatea construirii unui sistem de irigaţie în ipoteza necesităţii sale este sursa de apă al cărei disponibil în apă determină mărimea sistemului. Transportul apei de la sursă la sistem, în mod obişnuit, se realizează pe două căi :

1) gravitaţional,

2) prin ridicare mecanică.

Acolo unde este posibil, din consideraţii generale de ordin economic, se preferă prima cale. Regula, însă, nu rămîne întotdeauna valabilă ; aşa spre exemplu, cînd este vorba de suprafeţe relativ mici şi dacă ele conţin în acelaşi timp un relief complex, se poate întîmpla ca cheltuielile totale pentru construirea unui sistem de irigaţie, în care apa să fie adusă pe cale gravitaţională, să depăşească cheltuielile totale necesare pentru construirea aceluiaş sistem dar în care apa ar fi furnizată pe cale mecanică.

De asemenea aşa stau lucrurile atunci cînd ar fi necesar ca nodul de priză să fie îndepărtat pe rîu, prea mult în amonte sau cînd pentru ridicarea nivelului apei în sursă ar trebui să se execute un baraj prea înalt, variante ce s-ar dovedi inacceptabile.

Uneori se întîmplă însă ca soluţia cea mai economică să nu fie dată de adoptarea singulară a unuia dintre tipurile după care să se facă aducţia apei. Sînt situaţii cînd, din punct de vedere economic este mai avantajos să se combine cele două tipuri ; în acest caz sistemul este împărţit în două sectoare : un sector care ocupă relieful inferior şi în care aducţia apei se face gravitaţional şi altul care ocupă relieful superior şi în care apa este furnizată prin intermediul unei staţiuni de pompare.

Pentru cazul cînd ridicarea mecanică a apei se face pentru a deservi întreaga suprafaţă interesată la irigare, există mai multe scheme după care se poate efectua pomparea apei (fig. 1), astfel avem :

Schema 1. Din sursa S prin intermediul staţiei de pompare P se refulează debitul total necesar irigării întregii suprafeţe ω, pe conducta de presiune C, în bazinul de refulare B, amplasat în punctul dominant al suprafeţei interesată a fi irigată ; de aici apa este dirijată pe canalul principal A, care urmăreşte cotele cele mai înalte, ceea ce-i permite să o distribuie întregului sistem.

Schema 2. Staţia de pompare P_1, amplasată la sursa S, refulează întregul debit necesar irigării unităţii luate în studiu, pe conducta C_1, în bazinul de refulare B_1 ; de aici numai o parte din debit anume debitul necesar irigării zonei Z_1 este dirijat pe canalul A_1 şi distribuit suprafeţei din aval.

Diferenţa de debit, reprezentînd necesarul în apă pentru irigarea suprafeţei din amonte (pentru noi, zona Z_2) este aspirat de o pompă P_2 din partea frontală a canalului A_1 şi refulat pe conducta C_2, în bazinul B_2 de unde este dirijat pe canalul A_2 şi condus pe suprafaţa zonei Z_2.

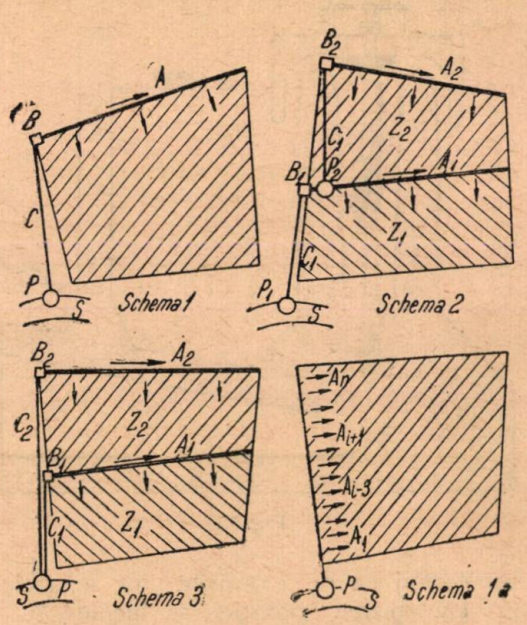


Fig. 1. Scheme de refularea apei în irigaţii :
P – staţie de pompare ; C – conductă de refulare ; D – bazin de refulare ; A – canal principal ; S – sursa de apă.

Schema 3. Avem o singură staţie de pompare P, amplasată la sursa S prin care se refulează pe conducte separate, debite parţiale asfel conducta C_1 transportă debitul necesar irigării suprafeţei zonei Z_1, pe care o deserveşte conducînd apa în bazinul B_1, iar de aici apa este dirijată pe canalul A_1, care o distribue în aval ; conducta C_2 transportă debitul necesar irigării suprafeţei zonei Z_2, pe care o deserveşte conducînd apa în bazinul B_2, de unde ea este dirijată pe canalul A_2 pentru a fi distribuit suprafeţei respective.

O altă variantă a acestei scheme este aceea în care fiecare zonă este deservită în mod izolat de cîte o staţie de pompare separată.

Ca urmare a celor expuse mai sus, rezultă că în cazul ridicării mecanice, dispunem de două posibilităţi de a furniza apa sistemului de irigaţie :

1) prin refulare integrală (schema 1) ;

2) prin refulare zonală (schemele 2 şi 3).

După cum vom vedea mai jos, atît refularea integrală cît şi cea zonală au părţile lor pozitive şi negative ; astfel schemele 2 şi 3 sînt avantajate, faţă de schema 1, prin aceea că ele conduc la o putere globală mai mică, deoarece în cazul primei scheme, apa indiferent de înălţimea la care este folosită trebuie să fie mai întîi ridicată la înălţimea maximă, adică se are :

$$\frac{\gamma}{75} \sum_{1}^{m} \frac{Q_i H_i}{\eta_i} < \frac{\gamma}{75} \frac{QH}{\eta}.$$

Dacă se merge mai departe şi se compară între ele schemele 2 şi 3 se constată că ele diferă numai prin utilaj şi construcţii ; din punct de vedere energetic ele sînt identice în sensul că puterea totală globală — necesară furnizării apei în sistem — este aceaşi ; într-adevăr se poate observa că debitul de apă necesar irigării zonei a 2-a, dacă în cazul schemei 3 este refulat la înălţimea H_2 şi transportat direct prin conducta C_2, în cazul schemei 2, el este refulat în fond la aceeaşi înălţime cu singura diferenţă că este transportat pe un drum ocolit, prin repomparea lui din bazinul B_1. De aceea la acelaşi număr şi aceeaşi poziţie a zonelor de refulare (aceeaşi cotă de amplasare a bazinului B_1) mărimea puterii mecanice globale va fi aceeaşi atît în schema 2 cît şi în schema 3.

Pe de altă parte faţă de schema 1, schemele 2 şi 3 suferă de neajunsul că încarcă sistemul de irigaţii cu construcţii asemenea ; astfel ele multiplică :

a) numărul clădirilor staţiilor de pompare (schema 2) ;

b) lungimea conductei de refulare (schema 3) ;

c) numărul bazinelor de refulare (ambele scheme) ;

d) numărul canalelor principale (ambele scheme).

In ce priveşte refularea integrală (schema 1) ea prezintă avantajul că oferă un volum redus al construcţiilor dar suferă de neajunsul că ea conduce la o putere mecanică maximă a instalaţiei de pompare.

De aceea este necesar să se facă în prealabil un calcul economic din care să rezulte soluţia cea mai rentabilă.

Pînă în prezent nu se dispune de o metodă expeditivă care să permită alegerea soluţiei cu suficientă uşurinţă. Mai lesne este de stabilit o metodă care să permită în cadrul aceleaşi scheme-judecarea posibilităţilor de a face construcţia mai avantajoasă din punct de vedere tehnic ; din acest punct de vedere vom face cîteva consideraţiuni generale cu privire la sistemele de irigaţii pentru care necesarul în apă este furnizat întregii suprafeţe, prin intermediul instalaţiilor de pompare.

Avînd în vedere că în cazul ridicării mecanice, construirea unui sistem de irigaţii este însoţită de mari cheltuieli de exploatare şi întreţinere (mai ales în cazul motoarelor termice) şi că factorul care determină în primul rînd volumul acestor cheltuieli, este puterea instalaţiei de pompare, rezultă că atenţia trebuie să fie îndreptată în primul rînd asupra acelor scheme sau variante care aduc puterii globale reduceri însemnate ; această idee dealtfel stă la baza consideraţiunilor generale pe care le facem.

Intrucît puterea unei staţii de pompare este dată de înălţimea totală de ridicare a apei şi de debit, deci de suprafaţa interesată la irigaţii, ea este o funcţie de relief ; de aceea va trebui ca expresia care dă valoarea puterii mecanice să fie legată de condiţiile topografice.

Pentru aceasta vom considera că suprafaţa interesată la irigaţii (ω) conţine între curbele de cote extreme, diferenţa de nivel H ; de asemenea pentru a simplifica demonstraţiile, vom considera că cea mai mică cotă existentă în teren, în partea sa inferioară, reprezintă şi cota luciului apei, adică irigarea se face pînă în imediata vecinătate a sursei.

Dacă pentru fiecare înălţime H_i — reprezentînd diferenţa de nivel dintre o curbă oarecare din teren şi nivelul luciului apei — se planimetrează suprafaţa de teren cuprinsă între curba de nivel respectivă şi perimetrul unităţii din aval, (adică întreaga suprafaţă ce s-ar putea iriga în virtutea gravitaţiei după ce apa a fost refulată la înălţimea H_i) se va obţine pentru fiecare valoare H_i, o valoare ω_i.

Valorile astfel obţinute reduse la scară, pot fi reprezentate grafic într-un sistem rectangular în care pe abscisă figurează suprafeţele ω, iar pe ordonată înălţimile H ; dacă punctele rezultate se unesc prin linii uşor racordate, se obţine o curbă care defineşte înălţimea H ca pe o funcţie oarecare de ω :

$$H = f(\omega).$$

Presupunem că punctele sînt astfel repartizate în cîmpul ωOH încît legătura care ar exista între H şi ω capătă caracterul unei relaţii strict funcţionale, şi că pe măsură ce ω creşte, H suportă creşteri continuu crescînde sau continuu scăzînde ; convenim în acest caz să adoptăm pentru linia curbă obţinută, tipul de ecuaţie :

$$H = a\,\omega^m \cdot$$

Pentru determinarea lui a şi m, să spunem că dispunem de p valori H, respectiv p valori ω şi că de fiecare dată, la fiecare H_i, între valoarea ω_i rezultă din planimetraie şi valoarea obţinută din relaţia analitică, s-a stabilit în mod inerent o eroare, astfel încît :

$$\log a \frac{\omega_i^m}{H_i} = \varepsilon_i \neq 0.$$

In această situaţie, cele mai probabile valori ale lui a şi m, sînt acelea pentru care suma pătratelor erorilor,

$$S = \sum \varepsilon_i^2$$

devine minimă. Valorile lui a şi m vor rezulta deci din rezolvarea sistemului:

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum \varepsilon_i^2 = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial m} \sum \varepsilon_i^2 = 0$$

care va da pentru m şi a valorile:

$$m = \frac{p \Sigma [\log \omega_i \cdot \log H_i] - [\Sigma \log \omega_i][\Sigma \log H_i]}{p \Sigma [\log \omega_i]^2 - [\Sigma \log \omega_i]^2} \qquad (2)$$

$$\log a = \frac{\Sigma \log H_i - m \Sigma \log \omega_i}{p} \qquad (3)$$

Odată calculate valorile lui m şi a se dispune de ecuaţia care leagă pe H de ω; ea ne va permite să legăm expresia puterii mecanice globale:

$$\sum P_i = \sum \frac{\gamma Q_i H_i}{75 \eta}$$

de condiţiile topografice şi să studiem variaţia acestei expresii în funcţie de numărul şi poziţia zonelor de pompare.

Pentru a simplifica demonstraţiile, vom considera că randamentul instalaţiei de pompare nu variază cu zona; de asemenea mai admitem — aşa după cum dealtfel se face în irigaţii — că la un moment dat, în orice punct al sistemului de irigaţii, consumul specific M_0 (necesarul în apă pentru satisfacerea nevoilor plantelor din asolament + pierderile prin infiltraţii şi evaporaţie) pe unitatea de suprafaţă rămîne constant.

Debitul necesar pentru irigarea zonei (i) va fi dat de produsul:

$$Q_i = M_0 \Delta\omega_i \qquad (4)$$

în care:

M_0 — modulul de consum specific (în m³/s ha),

$\Delta\omega_i$ — suprafaţa zonei (i) (în ha),

iar puterea mecanică globală va fi dată de expresia:

$$\sum P_i = c \sum H_i \Delta\omega_i \qquad (5.0)$$

care devine: (fig. 1 şi 5)

— pentru schema 1, $\sum P_i = c\, \omega_n H_n$ (5.1)

— pentru schema 2,

$$\sum P_i = c \sum_1^n (\omega_i - \omega_{i-1})(H_i - H_{i-1}) \qquad (5.2)$$

— pentru schema 3,

$$\sum P_i = c \sum_1^n (\omega_i - \omega_{i-1}) H_i \qquad (5.3)$$

în care:

$$c = \frac{\gamma M_0}{75\eta} \text{ (în CP/m. ha)}$$

γ — greutatea specifică a apei (în kg/m³);

η — randamentul general al instalaţiei de pompare.

In baza relaţiei (5.0) observaţia făcută mai sus, că puterea globală dată de refularea zonală este mai mică decît cea realizată în cadrul refulării integrale, se poate arăta că este valabilă în general; într-adevăr, deoarece $H_i < H_n$ rezultă că $H_i \Delta\omega_i < H_n \Delta\omega_i$, de unde rezultă că:

$$\sum H_i \Delta\omega_i < \sum H_n \Delta\omega_i = H_n \omega_n.$$

De asemenea observaţia că din punct de vedere energetic, schemele 2 şi 3 nu diferă cu nimic între ele, se poate demonstra că rămîne valabilă şi în general într-adevăr deoarece:

$$\sum_1^n \omega_n (H_i - H_{i-1}) = \omega_n H_n$$

şi

$$\sum_1^n \omega_{i-1}(H_i - H_{i-1}) = \omega_{n-1} H_n - \sum_1^{n-1} (\omega_i - \omega_{i-1}) H_i$$

şi avînd în vedere că pentru $H_0 = 0$, $\omega_0 = 0$, rezultă că:

$$\sum_1^n (\omega_n - \omega_{i-1})(H_i - H_{i-1}) \equiv \sum_1^n (\omega_i - \omega_{i-1}) H_i$$

ceea ce era de arătat.

*

Este evident că valoarea maximă a puterii globale se produce în cadrul refulării integrale (schema 1) pentru care avem:

$$P_{max} = c\, \omega_n H_n. \qquad (6)$$

Pentru a stabili valoarea minimă a puterii globale, trebuie să ne reprezentăm o astfel de schemă, în cadrul căreia în înţelesul strict al cuvîntului, apa este folosită numai la înălţimea la care este refulată; (Fig. 1 schema 1 a) în acest caz este exclusă orice cheltuială în plus de energie.

O astfel de schemă ideală, este aceea pentru care numărul zonelor creşte la infinit sau pentru care suprafaţa fiecărei zone tinde către zero; vom avea deci:

$$P_{min} = \lim_{\Delta\omega \to 0} \sum P_i = c \int_0^{\omega} H \, d\omega.$$

Ţinînd seama de relaţia (1) expresia puterii globale minime va fi

$$P_{min} = \frac{c\, \omega_n H_n}{m+1}. \qquad (7)$$

Pentru a vedea în ce raporturi cu puterea maximă stă puterea globală, vom repera pe ultima la prima, introducînd notaţia:

$$k = \frac{\Sigma P_i}{P_{max}}$$

pe care o vom numi „raport de variaţie a puterii globale".

După cum $\sum P_i$ poate deveni P_{max} sau P_{min} vom avea pentru raportul de variație o limită superioară ;

$$k_s = \frac{P_{max}}{P_{max}} = 1 \qquad (8)$$

și o limită inferioară :

$$k_0 = \frac{P_{min}}{P_{max}} = \frac{1}{m+1} \qquad (9)$$

ale cărei valori sînt date în tabela 1.

Pentru a oglindi cu mai multă expresivitate în ce măsură s-a realizat un ΔP_{ef} care să difere cu prea puțin față de ΔP_{id}, adică în ce măsură au fost utilizate posibilitățile date de condițiile topografice în scopul coborîrii la maximum posibil a puterii globale, vom introduce noțiunea de „randament topografic" al sistemului de irigație, care va fi definit de :

$$\tau = 100 \frac{\Delta P_{ef}}{\Delta P_{id}} \% = 100 \frac{1-k}{1-k_0} \%$$

Tabela 1

m	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
k_0	0,667	0,625	0,588	0,556	0,526	0,500	0,455	0,417	0,385	0,357	0,333

Observînd că ecuația $H = a\,\omega^m$, reprezentată grafic, prezintă pentru $m < 1$ concavitatea în jos iar pentru $m > 1$ prezintă concavitatea în sus, în scopul de a ne fixa ideile convenim să numim simbolic : „sistem convex" sistemul de irigații pentru care $m < 1$ și „sistem concav", sistemul de irigații pentru care $m > 1$.

Relația (9) arată că k_0 este variabil și că este o funcție numai de exponentul m, deci de „convexitatea" sau „concavitatea" sistemului de irigații ; valoarea sa este mai mare la sistemele convexe și mai mică la „sistemele concave" de asemeni se constată că valoarea sa scade pe măsură ce concavitatea sistemului de irigații crește ; acest rezultat arată că dacă în general trebuie să se urmărească reducerea raportului de variație — ceea ce echivalează cu realizarea unei instalații de pompare cu o putere globală micșorată — cu atît mai mult trebuie concentrată atenția asupra sistemelor concave care oferă largi posibilități în această privință.

Limita inferioară a raportului de variație depinde de condițiile topografice ale sistemului de irigații și ea se poate atinge numai în cazul ideal cînd apa se folosește numai la înălțimea la care ea a fost pompată ; pentru acest motiv limita inferioară a raportului de variație trebuie să-și constituie mărimea către care întotdeauna trebuie să tindă, deoarece ea arată că s-au utilizat în întregime toate posibilitățile oferite de relief.

Cînd numărul zonelor este limitat, raportul de variație va avea o valoare intermediară :

$$k_0 < k < 1$$

arătînd, la prima aproximație, în ce măsură au fost utilizate condițiile topografice, în scopul coborîrii puterii globale, după cum valoarea sa este mai mult sau mai puțin apropiată de valoarea k_0.

Cantitatea maximă posibilă cu care se poate reduce puterea globală, va fi dată de diferența :

$$\Delta P_{id} = P_{max} - P_{min}.$$

Practic însă, această cantitate este mai mică și va rezulta din diferența :

$$\Delta P_{ef} = P_{max} - \sum P_i.$$

Ținînd seama de relația (9), expresia randamentului topografic se mai poate scrie :

$$\tau = 100 \frac{m+1}{m} (1-k)\%. \qquad (10)$$

In cazul refulării integrale (schema 1) $\tau = 0$, iar pentru refularea zonală cu $n \to \infty$ (schema 1 *A*) $\tau = 100\%$. Pentru orice soluție intermediară, în care numărul zonelor este limitat (schemele 2 și 3) se va obține :

$$0 < \tau < 100\%$$

*

Din cele expuse pînă aici, rezultă că pentru a judeca un sistem de irigație, în care apa este furnizată prin intermediul instalațiilor de pompare, în sensul de a lilustra prin cifre care sînt condițiile sale topografice și a stabili în ce măsură s-a profitat de aceste condiții la elaborarea proiectului dispunem de două mărimi :

1. Limita inferioară a raportului de variație (k_0) care reflectă ce posibilități ne oferă topografia și morfologia sistemului de irigații în scopul micșorării puterii globale.

2. Randamentul topografic al sistemului de irigație (τ) care ne arată cît anume în procente s-a utilizat din disponibilul $P_{id} = P_{max} - P_{min}$.

Pentru cazul refulării zonale, cu un număr limitat de zone, va trebui deci să studiem raportul de variație, de unde va rezulta și variația randamentului topografic în funcție de numărul și poziția zonelor de refulare.

După cum poziția zonelor este impusă sau condiționată, distingem următoarele cazuri :

Cazul 1. Zone de refulare cu suprafețe egale ($\Delta \omega_i = \text{const}$) care conduce (în cazul schemei 3) la debite egale.

Cazul 2. Zone de refulare cu diferențe de nivel egale ($\Delta H_i = \text{const}$) care conduce (în cazul schemei 2) la înălțimi de refulare egale.

Cazul 3. Zone de refulare care, în cazul schemelor 2 și 3, să conducă la stațiuni pe pompare de putere egală ($P_i = \text{const}$ sau $\sum P_i = n\,P_i$) ; în acest caz poziția lor se determină.

Cazul 4. Zone de refulare care să conducă la obţinerea unei puteri globale minime; în acest caz poziţia lor trebuie determinată.

Ne propunem ca — în cadrul fiecăruia dintre cazurile mai sus enumerate — să determinăm poziţia zonelor de refulare, acolo unde va fi cazul, şi să determinăm valoarea raportului de variaţie de unde va rezulta şi valoarea randamentului topografic.

Avînd în vedere observaţia făcută mai sus, că la aceeaşi poziţie a zonelor de refulare puterea globală a sistemului de irigaţie va fi aceeaşi pentru schemele 2 şi 3, rezultă că la tratarea cazurilor 1, 2 şi 4 nu se va ţine seama de schemă; se va utiliza acea expresie a puterii globale care nu va complica demonstraţiile şi calculele. Pentru condiţia din cazul 3, rezultînd poziţii separate ale zonelor de refulare, rezultă că acest caz se va trata separat pentru schema 2 şi separat pentru schema 3.

Vom avea deci:

Cazul 1. Zone cu suprafeţe egale

Deci:

$$\Delta\omega = \frac{\omega_n}{n} = \text{const.}$$

sau

$$\omega_i = \frac{i}{n}\,\omega_n$$

de unde:

$$H_i = \left(\frac{i}{n}\right)^m H_n$$

Ţinînd seama de relaţia (1), relaţia (5) devine

$$\sum P_i = c\,\frac{H_n \omega_n}{n} \sum_1^n \left(\frac{i}{n}\right)^m$$

De unde rezultă raportul de variaţie a puterii globale

$$k_{\Delta\omega} = \frac{1}{n^{m+1}} \sum_1^n i^m. \qquad (11)$$

Iar randamentul topografic al sistemului de irigaţie va fi

$$\tau_{\Delta\omega} = 100\,\frac{m+1}{m}\left[1 - \frac{1}{n^{m+1}} \sum_1^n i^m\right]\%. \qquad (12)$$

Valorile lui $k_{\Delta\omega} = f_1\ (m,\ n)$ şi $\tau_{\Delta\omega} = f_2\ (m,\ n)$ pentru $m = 0{,}5 \div 2$ şi $n = 2 \div 4$, figurează în tabela 2.

Pe baza datelor cuprinse în tabel s-a întocmit graficul din fig. 2.

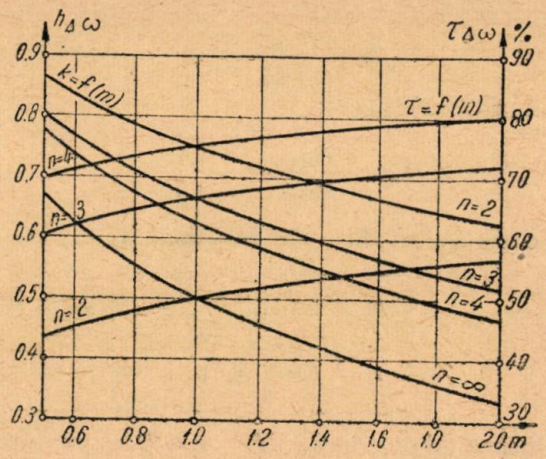


Fig. 2

Cazul 2. Zone cu diferenţe de nivel egale.

Deci:

$$\Delta H = \frac{H_n}{n} = \text{const.}$$

sau:

$$H_i = \frac{i}{n}\,H_n$$

de unde:

$$\omega_i = \sqrt[m]{\frac{i}{n}}\,\omega_n$$

Expresia puterii globale va fi:

$$\sum P_i = c\,\frac{\omega_n H_n}{n} \sum_1^n i\left[\sqrt[m]{\frac{i}{n}} - \sqrt[m]{\frac{i-1}{n}}\right]$$

De unde rezultă raportul de variaţie a puterii globale:

$$k_{\Delta H} = \frac{1}{n\sqrt[m]{n}} \sum_1^n i\left[\sqrt[m]{i} - \sqrt[m]{i-1}\right] =$$

$$= 1 - \frac{1}{n\sqrt[m]{n}} \sum_1^{n-1} \sqrt[m]{i} \qquad (13)$$

Valorile $k_{\Delta\omega}$ şi $\tau_{\Delta\omega}$ *Tabela 2*

	n \ m	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$k_{\Delta\omega}$	2	0,854	0,830	0,808	0,787	0,768	0,750	0,718	0,689	0,665	0,664	0,625
	3	0,798	0,767	0,739	0,713	0,689	0,667	0,627	0,594	0,565	0,540	0,519
	4	0,768	0,734	0,703	0,675	0,649	0,625	0,583	0,548	0,517	0,491	0,469
$\tau_{\Delta\omega}$ %	2	43,8	45,3	46,6	47,9	49,0	50,0	51,7	53,3	54,4	55,4	56,3
	3	60,6	62,1	63,4	64,6	67,3	66,7	68,4	69,6	70,7	71,6	72,2
	4	69,6	70,9	72,1	73,1	74,1	75,0	76,4	77,5	78,5	79,2	79,7

și randamentul topografic al sistemului de irigație :

$$\tau_{\Delta H} = 100\,\frac{m+1}{m}\,\frac{1}{\sqrt[m]{n}}\sum_{1}^{n-1}\sqrt[m]{i}\ \%_0 \qquad (14)$$

Valorile lui $k_{\Delta H} = f_3\,(m,\ n)$ și $\tau_{\Delta H} = f_4\,(m,\ n)$ pentru aceleași valori ale lui m și n figurează în tabela 3.

Punînd condiția $P_1 = P_2 = \ldots = P_n = \text{const}$ și observînd că $\varphi_0 = 0$ și $\varphi_n = 1$, rezultă următorul sistem de $(n-1)$ ecuații :

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\varphi_1}{1 - \sqrt[m]{\varphi_1}} \qquad [16.1]$$

Valorile $k_{\Delta H}$ și $\tau_{\Delta H}$ *Tabela 3*

	n \ m	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$k_{\Delta H}$	2	0,875	0,843	0,814	0,790	0,769	0,750	0,719	0,695	0,676	0,660	0,647
	3	0,815	0,777	0,744	0,715	0,689	0,667	0,629	0,598	0,574	0,553	0,535
	4	0,781	0,742	0,707	0,676	0,649	0,625	0,584	0,551	0,524	0,501	0,482
$\tau_{\Delta H}$ %	2	37,5	41,9	45,2	47,3	48,8	50,0	51,5	52,3	52,7	52,9	53,00
	3	55,5	59,5	62,2	64,1	65,7	66,7	68,0	68,9	69,2	69,5	69,80
	4	65,7	68,8	71,2	72,9	74,1	75,0	76,3	77,0	77,4	77,6	77,70

Pe baza datelor cuprinse în tabelă s-a întocmit graficul din fig. 3.

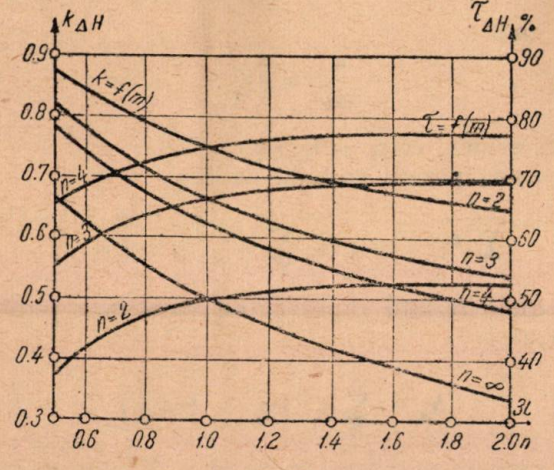


Fig. 3

Cazul 3. Zone cu stațiuni de pompare de puteri egale. Poziția lor va fi diferită după cum este vorba de schema 2 sau 3 ; vom trata deci pe scheme :

a) Schema 2

Pentru zona de ordinul i se poate scrie :

$$P_i = c\ (\omega_n - \omega_{i-1})\ (H_i - H_{i-1}).$$

Făcînd notația :

$$\varphi_i = \frac{H_i}{H_n} \qquad (15)$$

de unde :

$$\frac{\omega_i}{\omega_n} = \sqrt[m]{\varphi_i}$$

rezultă :

$$P_i = c\,\omega_n H_n \left(1 - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right)(\varphi_i - \varphi_{i-1}).$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \frac{\varphi_1}{1 - \sqrt[m]{\varphi_2}} \qquad [16.2]$$

$$\vdots \qquad \vdots$$

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} + \frac{\varphi_1}{1 - \sqrt[m]{\varphi_{n-1}}} \qquad [16.(n-1)]$$

cu $(n-1)$ necunoscute : $\varphi_1 \ldots \varphi_{n-1}$.

Examinînd sistemul se constată că dacă se cunoaște φ_1, toate celelalte necunoscute se calculează din aproape în aproape (de la φ_2 la φ_{n-1}).

In vederea determinării lui φ_1, se introduce mai întîi valoarea lui φ_2 din prima ecuație într-a doua, apoi expresia lui φ_3 — obținută ca funcție numai de φ_1 — se introduce în ecuația a treia, și așa mai departe ; astfel că se obține :

$$\varphi_2 = f_1\,(\varphi_1)$$
$$\varphi_3 = f_2\,(\varphi_1)$$
$$\vdots$$
$$\varphi_i = f_{i-1}\,(\varphi_1)$$

Ecuația care va conține numai pe φ_1 va fi :

$$f_{n-1}\,(\varphi_1) = 1 \qquad (17)$$

care se rezolvă prin tatonări sau pe cale grafică (cu excepția cîtorva cazuri particulare).

Raportul de variație a puterii globale va fi :

$$k_{\Delta P} = \sum_{1}^{n}\left(1 - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right)(\varphi_i - \varphi_{i-1}) = n\,\varphi_1 \qquad (18)$$

iar randamentul topografic al sistemului de irigație va fi :

$$\tau_{\Delta P} = 100\,\frac{m+1}{m}\,(1 - n\,\varphi_1)\ \%_0. \qquad (19)$$

Caz particular : $n = 2$. Rezultă o singură ecuaţie cu o singură necunoscută :

$$\sqrt[m]{\varphi_1} = \frac{1-2\varphi_1}{1-\varphi_1}$$

Pentru $m = 0{,}5$ 1 şi 2 se obţin rezultatele sintetizate în tabela 4.

Tabela 4

	m	0,5	1	2
$n=2$	φ_1	0,445	0,382	0,308
	$k_{\Delta p}$	0,890	0,764	0,616
	$\tau_{\Delta p}$ %	33,0°	47,2	57,6

b) Schema 3

Pentru zona de ordinul i, se poate scrie :

$$P_i = c\,(\omega_i - \omega_{i-1})\,H_i$$

sau :

$$P_i = c\,\omega_n H_n \left(\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right)\varphi_i$$

Punînd condiţia $P_1 = P_2 = \ldots = P_n = \text{const.}$, rezultă următorul sistem de $(n = 1)$ ecuaţii :

$$\varphi_1 = \left[\sqrt[m]{\varphi_2} - \frac{\varphi_1\sqrt[m]{\varphi_1}}{\varphi_2}\right]^m \qquad [20\cdot(n\text{-}1)]$$

$$\varphi_2 = \left[\sqrt[m]{\varphi_3} - \frac{\varphi_1\sqrt[m]{\varphi_1}}{\varphi_3}\right]^m \qquad [20\cdot(n\text{-}2)]$$

$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$

$$\varphi_{n-1} = \left[\sqrt[m]{\varphi_n} - \frac{\varphi_1\sqrt[m]{\varphi_1}}{\varphi_n}\right]^m \qquad [20\cdot 1]$$

cu $(n\text{-}1)$ necunoscute : $\varphi_1 \ldots \varphi_{n-1}$
care arată că dacă se cunoaşte φ_1, celelalte necunoscute se calculează din aproape în aproape (de la φ_{n-1} la φ_2).

Pentru a găsi valoarea lui φ_1, se introduce mai întîi valoarea lui φ_{n-1} din ecuaţia $(n-1)$ în ecuaţia $(n-2)$, apoi expresia lui φ_{n-2} — obţinută ca funcţie numai de φ_1 — se introduce în ecuaţia $(n-3)$ şi aşa mai departe, astfel se obţine :

$$\varphi_{n-1} = f_1(\varphi_1)$$
$$\varphi_{n-2} = f_2(\varphi_1)$$
$$\vdots$$
$$\varphi_{n-1} = f_i(\varphi_1)$$

Ecuaţia care va conţine numai pe φ_1, va fi :

$$f_{n-1}(\varphi_1) = \varphi_1 \qquad (21)$$

care se rezolvă prin tatonări sau pe cale grafică (cu excepţia cîtorva cazuri particulare).

Raportul de variaţie va fi dat de :

$$k_{\Delta p} = n\,\varphi_1\sqrt[m]{\varphi_1} \qquad (22)$$

iar randamentul topografic de :

$$\tau_{\Delta p} = 100\,\frac{m+1}{m}\left(1 - n\,\varphi_1\sqrt[m]{\varphi_1}\right)\% \qquad (23)$$

Caz particular : $n = 2$. Rezultă o singură ecuaţie cu o singură necunoscută

$$\varphi_1\sqrt[m]{\varphi_1} + \sqrt[m]{\varphi_1} - 1 = 0.$$

Pentru $m = 0{,}5$ 1 şi 2 se obţin rezultatele sintetizate în tabela 5.

Tabela 5

	m	0,5	1	2
$n=2$	φ_1	0,755	0,618	0,465
	$k_{\Delta p}$	0,861	0,764	0,634
	$\tau_{\Delta p}$ %	41,7	47,2	54,9

Cazul IV. Zone cu $\sum P_{i\ minim}$. Poziţia lor va fi aceeaşi atît în schema 2 cît şi în schema 3.

Vom face mai întîi notaţia :

$$\varphi_i = \frac{H_i}{H_n}$$

de unde :

$$\frac{\omega_i}{\omega_n} = \sqrt[m]{\varphi_i}\,.$$

Este evident că $\varphi_0 = 0$ şi $\varphi_n = 1$.
Expresia puterii globale va fi :

$$\sum P_i = c\,\omega_n H_n \sum_1^n \varphi_i\left[\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right]$$

de unde rezultă raportul de variaţie a puterii globale :

$$k_m = \sum_1^n \varphi_i\left[\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right] \qquad (24)$$

iar randamentul topografic al sistemului de irigaţie va fi :

$$\tau_m = 100\,\frac{m+1}{m}\left[1 - \sum_1^n \varphi_i\left(\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right)\right]\% \qquad (25)$$

Valorile raporturilor φ_i trebuie să fie acelea pentru care se obţine un maxim al randamentului topografic, respectiv un minim al raportului de variaţie şi ele se determină din rezolvarea următorului sistem de ecuaţii :

$$\frac{\partial}{\partial\varphi_1}\sum_1^n \varphi_i\left[\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right] = 0 \qquad [26.1]$$

$$\frac{\partial}{\partial\varphi_2}\sum_1^n \varphi_i\left[\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right] = 0 \qquad [26.2]$$

$$\vdots$$

$$\frac{\partial}{\partial\varphi_{n-1}}\sum_1^n \varphi_i\left[\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}}\right] = 0 \qquad [26.(n\text{-}1)]$$

care conține $(n-1)$ ecuații cu $(n-1)$ necunoscute.

Dacă vom considera derivata parțială de rangul i:

$$\frac{\partial}{\partial \varphi_i} \sum_1^n \varphi_i \left[\sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}} \right]$$

se poate observa că dintre toți termenii șirului, numai termenii de rangul i și $(i+1)$ conțin pe φ_i; de aceea se mai poate scrie

$$\frac{\partial}{\partial \varphi_i} k = \frac{\partial}{\partial \varphi_i} \sum_i^{i+1} \cdot \varphi_j \left[\sqrt[m]{\varphi_j} - \sqrt[m]{\varphi_{j-1}} \right]$$

Prin anularea derivației de rangul (i) rezultă ecuația de ordinul (i) a sistemului:

$$\frac{m+1}{m} \sqrt[m]{\varphi_i} - \sqrt[m]{\varphi_{i-1}} - \frac{1}{m} \frac{\varphi_{i+1} \sqrt[m]{\varphi_i}}{\varphi_i} = 0 \qquad (27)$$

care conține necunoscutele φ_{i-1}, φ_i și φ_{i+1}; presupunînd că primele două se cunosc, adică se poate determina raportul:

$$\lambda_{i-1} = \frac{\varphi_{i-1}}{\varphi_i}. \qquad (28)$$

Ecuația de mai sus se mai poate scrie și altfel:

$$\frac{m+1}{m} - \sqrt[m]{\lambda_{i-1}} - \frac{1}{m} \frac{\varphi_{i+1}}{\varphi_i} = 0$$

de unde rezultă că:

$$\lambda_i = \frac{1}{1 + m\left(1 - \sqrt[m]{\lambda_{i-1}}\right)} \qquad (29)$$

în care:

$$\lambda_i = \frac{\varphi_i}{\varphi_{i+1}}. \qquad (30)$$

Relația (29) permite ca atunci cînd se cunosc două valori consecutive ale lui φ_i, să se calculeze următoarea, sau să se calculeze precedenta dacă se explicitează λ_{i-1}.

Dînd lui i diferite valori, se obține:

$$\lambda_1 = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{1}{m+1} \qquad (31.1)$$

$$\lambda_2 = \frac{\varphi_2}{\varphi_3} = \frac{\sqrt[m]{m+1}}{(m+1)\sqrt[m]{m+1} - m} \qquad (31.2)$$

$$\lambda_3 = \frac{\varphi_3}{\varphi_4} =$$

$$= \frac{\sqrt[m]{(m+1)\sqrt[m]{m+1} - m}}{(m+1)\sqrt[m]{(m+1)\sqrt[m]{m+1} - m} - m\sqrt[m]{\sqrt[m]{m+1}}} \qquad (31.3)$$

$$\vdots$$

ș. a. m. d.

ceea ce arată că λ depinde numai de m.

Observînd că:

$$\varphi_{n-1} = \varphi_n \lambda_{n-1} = \lambda_{n-1}$$

$$\varphi_{n-2} = \varphi_{n-1} \lambda_{n-2} = \lambda_{n-1} \lambda_{n-2}$$

$$\vdots$$

$$\varphi_{n-i} = \varphi_{(n-i)+1} \lambda_{n-i} = \lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \ldots \lambda_{n-i}$$

sau notînd cu:

$$\prod_{j=1}^{i} \lambda_{n-j} = \lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \ldots \lambda_{n-i} \qquad (32)$$

Se mai poate scrie că:

$$\varphi_i = \prod_{j=i}^{n-1} \lambda_j \qquad (33)$$

cu alte cuvinte mărimea φ fiind o funcție de λ, depinde în fond numai de m.

Valorile lui φ_i figurează în tabela 6.

Tabela 6

Valorile raportului $\varphi_i = \frac{H_i}{H_n}$ pentru care $\frac{\partial \Sigma P_i}{\partial \varphi_i} = 0$

n	φ_i \ m	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
2	φ_1	0,667	0,625	0,588	0,556	0,526	0,500	0,455	0,417	0,385	0,357	0,333
3	φ_1	0,522	0,471	0,429	0,392	0,361	0,333	0,288	0,252	0,224	0,200	0,181
	φ_2	0,783	0,754	0,729	0,706	0,685	0,667	0,634	0,606	0,582	0,561	0,542
4	φ_1	0,437	0,385	0,342	0,306	0,276	0,250	0,209	0,178	0,153	0,134	0,118
	φ_2	0,656	0,616	0,581	0,551	0,524	0,500	0,459	0,426	0,398	0,375	0,355
	φ_3	0,838	0,816	0,797	0,780	0,764	0,750	0,725	0,704	0,685	0,669	0,655

Se constată că pe măsură ce m scade, adică pe măsură ce se trece de la sisteme concave spre sisteme convexe, valorile φ_i cresc, ceea ce înseamnă că vor creşte cotele de amplasare a bazinelor de refulare.

Pe baza relaţiilor stabilite mai sus, raportul de variaţie poate fi pus încă sub forma :

$$k_m = 1 - \left[\lambda_{n-1} - \sum_{i=1}^{n-1}\left(\prod_{j=i}^{n-1}\lambda_j\right)\left(\prod_{j=i}^{n-1}\sqrt[m]{\lambda_j} - \prod_{j=i-1}^{n-1}\sqrt[m]{\lambda_j}\right)\right] \quad (34)$$

iar randamentul topografic va fi dat de :

$$\tau_m = 100\,\frac{m+1}{m}\left[\lambda_{n-1} - \sum_{i=1}^{n-1}\left(\prod_{j=i}^{n-1}\lambda_j\right)\left(\prod_{j=i}^{n-1}\sqrt[m]{\lambda_j} - \prod_{j=i-1}^{n-1}\sqrt[m]{\lambda_j}\right)\right]\% . \quad (35)$$

Valorile lui k_m şi τ_m sînt prezentate în tabela 7.

Valorile k_m şi τ_m *Tabela 7*

	n \ m	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
k_m	2	0,852	0,829	0,807	0,787	0,768	0,750	0,717	0,668	0,661	0,637	0,615
	3	0,796	0,766	0,738	0,712	0,689	0,667	0,627	0,592	0,561	0,534	0,509
	4	0,766	0,733	0,702	0,674	0,649	0,625	0,583	0,546	0,514	0,486	0,461
τ_m %	2	44,4	45,7	46,9	48,0	49,0	50,0	51,8	53,5	55,0	56,4	57,7
	3	61,2	62,5	63,7	64,7	65,7	66,7	68,4	69,9	71,3	72,5	73,6
	4	70,2	71,3	72,3	73,3	74,2	75,0	76,5	77,8	79,0	80,0	80,9

Pe baza tabelei s-a întocmit graficul din fig. 4.

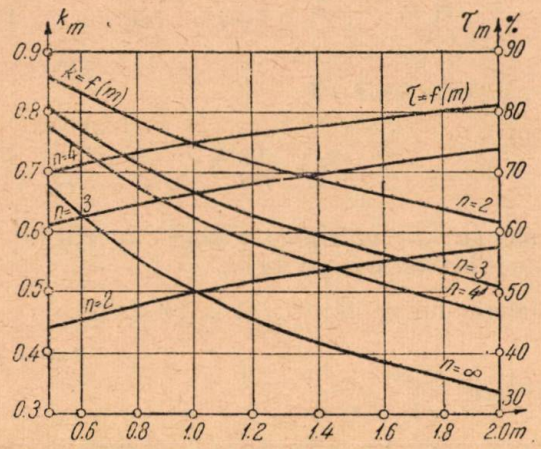


Fig. 4.

Concluzii

1. Din examinarea graficelor se constată că în general, la acelaşi m, pe măsură ce n creşte, k suportă descreşteri scăzînde, respectiv τ suportă creşteri scăzînde, ceea ce înseamnă că cele mai importante reduceri ale puterii globale sînt date de primele valori ale lui n.

2. Pe măsură ce m creşte, raportul de variaţie k scade respectiv randamentul topografic se măreşte ; de aceea cu atît mai mult problema reducerii puterii mecanice se pune atunci cînd sistemul de irigaţie este suficient de concav, deoarece în domeniul valorilor $m > 1$, se realizează un dublu avantaj ; o cantitate $\Delta P_{ef} = P_{max} - \sum P_i$ mărită şi concomitent un randament topografic ridicat ($\tau > 50\%$).

3. Pentru $m = 1$, curbele $k_{\Delta H}$, $k_{\Delta\omega}$ şi k_m sînt tangente între ele ; pe măsură însă ce m diferă tot mai mult de 1, adică pe măsură ce sistemul de irigaţie prezintă o concavitate sau convexitate mai pronunţată, cordonatele lor vor diferi astfel : cele mai mari valori ale lui k vor fi date în cazul 2 (zone cu diferenţe de nivel egale) după care urmează valorile date în cazul 1 (zone cu suprafeţe egale). Din examinarea tabelelor se constată că valorile $k_{\Delta\omega}$ sînt foarte apropiate de valorile k_m, această constatare ne îndeamnă — în scopul de a nu ne complica practic — să recomandăm pentru $m < 1$ (sisteme convexe) ca refularea să se facă pe zone cu suprafeţe egale, deoarece $k_{\Delta\omega}$ depăşeşte pe k_m cu diferenţe neglijabile.

4. Pentru $m = 1$, valorile $k_{\Delta p}$ (cazul 3) date de schemele 2 şi 3 sînt aceleaşi şi depăşesc valorile lui $k_{\Delta H}$, $k_{\Delta\omega}$ şi k_m ; de aceea pentru sisteme de irigaţii „plane" (cu $m \approx 1$) în nici un caz nu se vor aplica zone cu instalaţii de putere egală.

5. Pe măsură ce m va diferi tot mai mult de 1, ordonatele lui $k_{\Delta p}$ vor diferi precum urmează :

a) pentru schema 3, la o concavitate sau convexitate pronunţată $k_{\Delta p}$ va avea valori intermediare între $k_{\Delta H}$ şi $k_{\Delta\omega}$;

b) pentru schema 2, la o convexitate pronunţată ($m < 1$) $k_{\Delta p}$ depăşeşte chiar valorile $k_{\Delta H}$ găsite cele mai mari pînă aici rezultă că cu atît mai mult această schemă se dovedeşte neaplicabilă şi neutilă pentru $m < 1$;

c) pentru schema 3, la o concavitate pronunţată ($m > 1$) $k_{\Delta p}$ ajunge a fi sub $k_{\Delta\omega}$ apropiindu-se şi mai mult de k_m.

Această stare a lucrurilor ne îndeamnă să recomandăm în general pentru $m > 1$ refularea pe zone cu suprafeţe egale ; cînd însă concavitatea sistemului de irigaţie este pronunţată, este indicat să apelăm la refulare pe zone cu instalaţii de pompare de putere egală, proiectate după schema 3.

*

In lucrarea sa „Bazele ameliorației" academicianul A. N. Kostiakov, arată că forţa totală minimă realizată în cazul refulării zonale (cu $n = 3$) se va produce pentru un versant de formă puternic convexă, atunci cînd $H_1 = 0{,}75\ H_2 = 0{,}63\ H$ iar pentru un versant de formă puternic concavă cînd $H_1 = 0{,}33\ H_2 = 0{,}18\ H$; pe baza

rezultatelor obținute mai sus se poate observa că relațiile date în lucrarea menționată, se referă la cazurile particulare cînd $m = 1/3$ și $m = 2$.

Dacă la o înălțime oarecare H_i corespunde o suprafață ω_i și o lungime a conductei în proiecție orizontală l_i, lățimea medie a sistemului de irigație se poate scrie că este :

$$b_i = \frac{\omega_i}{l_i}.$$

Se poate observa de asemenea, că cifrele de mai sus, referindu-se la forme ale versantului, se referă la cazul particular cînd b_i rămîne constant pe toată lungimea conductei.

Considerațiile făcute în forma generală în care s-a tratat problema — socotim că oglindesc suficient de fidel variația puterii globale, atît în funcție de numărul zonelor de refulare și condițiile topografice (prin ecuația $H = a\ \omega^m$) cît și în funcție de schemele în cadrul cărora s-au studiat aceste zone iar rezultatele obținute socotim că pot servi spre a da o orientare în privința posibilităților pe care ni le oferă relieful în scopul micșorării puterii totale a instalațiilor de pompare, cînd ele deservesc un sistem de irigații ; pentru a găsi varianta cea mai rentabilă, problema trebuie tratată în scopul de a stabili — în funcție de relief — pentru ce poziție a zonelor și pentru ce număr a lor se realizează un venit maxim anual, respectiv cheltuieli minime anuale adică potrivit principiilor economiei planificate a socialismului.

Exemplu : se dă următorul grup de valori :

H (m)	2	4	6	8	10	12
ω (ha)	91	221	354	511	647	823

Se cere a se analiza la diverse variante, variația puterii mecanice necesară pentru irigarea suprafeței de 823 ha.

Pe baza formulelor (2) și (3) s-au găsit :

$$m = 0{,}8178 \cong 0{,}82$$
$$a = 0{,}0494 \cong 0{,}049.$$

De unde rezultă ecuația :

$$H = 0{,}049\ \omega^{0{,}82}$$

cu o eroare medie cuadratică de 1,01%, ceea ce este admisibil ; ea este reprezentată grafic în fig. 5.

Intrucît m este apropiat de unitate, excludem cazul 3 pentru care se obține un $k_{\Delta H}$ mărit, respectiv un $\tau_{\Delta H}$ redus.

De asemenea pentrucă m este apropiat de unitate (sistemul de irigație este aproximativ „plan") vor rezulta pentru $k_{\Delta H}$, $k_{\Delta\omega}$ și k_m aproximativ același valori :

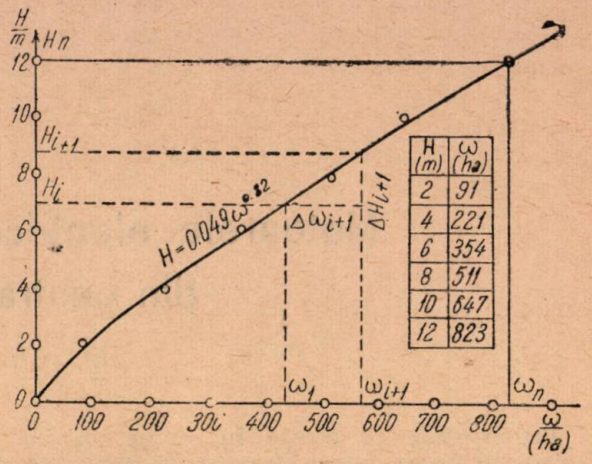


Fig. 5. Graficul variației funcției $H = f\ (\omega)$

Presupunînd că se dă : $M_0 = 0{,}5$ l/s·ha $= 0{,}0005$ m³/s ha

$$\eta = \eta_t\, \eta_m = 0{,}8 \times 0{,}9 = 0{,}72$$

n	1	2	3	4	00
k_n	1,00	0,78	0,70	0,66	0,54
τ %	0	48	65	74	100

se obține :

$$c = \frac{\gamma M_0}{75\eta} = \frac{1000 \times 0{,}0005}{75 \times 0{,}72} = \frac{1}{108}\ \text{CP/m·ha}.$$

De unde pentru $n = 1$ rezultă :

$$P_{max} = c\ \omega_n\ H_n = \frac{1}{108} \times 823 \times 12 = 91{,}5\ \text{CP}.$$

Pentru diverse valori ale lui n, vom avea :

$$\sum_1^n P_i = k_n\, P_{max}.$$

De unde vor rezulta :

n	1	2	3	4	00
ΣP_i (CP)	91,5	71,3	64,0	60,4	49,4
$[\Delta \Sigma P_i]_{ec}$	0	20,2	27,5	31,1	42,1
$\Delta \Sigma P_i$		20,2	7,3	3,6	—

în care s-a notat prin $[\Delta \sum P_i]_{ec}$ puterea mecanică economisită corespunzătoare fiecărei valori a lui n, iar prin $\Delta \sum P_i$ diferența a două valori $\sum P_i$ consecutive.

Bibliografie

Kostiakov A. N. : Osnovî meliorații.

★

ЗОНАЛЬНОЕ ПЕРЕКАЧИВАНИЕ ВОДЫ КАК ИСТОЧНИК ЭКОНОМИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Р е з ю м е

В настоящей статье автор рассматривает возможности предоставляемые топографическими условиями ввиду снижения мощности насосных установок обслуживающих оросительную систему.

Motoarele electrice ale serviciilor interne din centralele electrice

Ing. GH. MANOLESCU

Prescripţiile prevăzute în acest capitol se referă în special la motoarele electrice ale serviciilor interne din centralele electrice ale căror condiţii de exploatare prezintă anumite particularităţi esenţiale în asigurarea unei funcţionări sigure şi permanente a agregatelor şi instalaţiilor pentru producerea energiei electrice. In cele ce urmează se scoate în evidenţă importanţa şi considerentele ce au stat la baza anumitor reguli pentru buna exploatare şi întreţinere a motoarelor electrice din serviciile interne ale centralelor electrice.

Marcarea sensului de rotaţie pe motoarele electrice şi pe mecanismele acţionate de ele (paragraful 737) şi verificarea corectitudinii acestui sens la pornirea de probă a motoarelor este de foarte mare importanţă pentru serviciile interne ale centralelor electrice ale căror mecanisme sînt calculate pentru a funcţiona cu un anumit sens de rotaţie. Un sens de rotaţie greşit poate avea ca urmare o funcţionare defectuoasă a mecanismului antrenat sau chiar o deteriorare a acestuia. Schimbarea sensului de rotaţie se poate produce fie la instalarea motorului, fie cu ocazia reparaţiilor capitale din cauza conectării greşite a cablului la bornele motorului electric.

Aducerea din exterior a aerului pentru răcirea motoarelor electrice ventilate, adică a acelora la care aerul de răcire trece prin interiorul lor, instalate în încăperi cu praf (paragraful 738) o impune murdărirea canalelor de ventilaţie şi a înfăşurărilor motoarelor. Din această cauză răcirea motorului se înrăutăţeşte, temperatura sa creşte, iar izolaţia înfăşurării statorului este roasă de particolele de praf.

Acest lucru ar putea conduce la ideea ca în timpul iernii aerul rece adus din afară să fie încălzit, ceea ce nu concordă cu realitatea. La temperaturi joase, chiar sub zero grade, nu este necesară încălzirea aerului, deoarece trecerea aerului rece prin motorul încălzit nu poate produce asudarea acestuia, întrucît condensarea vaporilor de apă din aer poate avea loc numai atunci cînd aerul relativ cald vine în contact cu o suprafaţă mai rece decît el, ceea ce nu este cazul aici.

Secţiunea canalului de aducere a aerului trebuie astfel aleasă încît cantitatea de aer să asigure gradul necesar de răcire.

Supraîncălzirea aerului în motor (înţelegînd prin supraîncălzire diferenţa dintre temperatura aerului la intrare şi ieşire din motor) este invers proporţională cu cantitatea de aer care trece prin motor. Aceasta se explică prin faptul că pierderile în cupru şi în fier ale motorului nu depind de sistemul de răcire al acestuia ci numai de sarcina motorului, pierderi care în mod practic se transmit în întregime aerului. Aceste considerente permit să se verifice uşor dacă instalaţia de răcire este corect dimensionată sau nu. Pentru aceasta se măsoară supraîncălzirile aerului luat din încăpere şi din exterior prin canalul de ventilaţie. Dacă diferenţa dintre supraîncălziri nu diferă cu mai mult de 2—3% se poate considera că secţiunea canalului de ventilaţie a fost corect dimensionată, aerul adus fiind în cantitate suficientă. Durata încercării trebuie să fie de circa o oră, încercarea făcîndu-se după ce motorul a fost încălzit.

In încăperile cu praf este indicat să se folosească motoare capsulate pentru răcirea cărora să nu fie nevoie de aer adus din afară, şi a căror exploatare este mult mai simplă, iar durata de serviciu a izolaţiei înfăşurărilor mult mai mare.

Pentru motoarele electrice asincrone, cu rotorul în scurtcircuit, pornirea se face direct la tensiunea reţelei (paragraful 739). Folosirea autotransformatoarelor sau a bobinelor de reactanţă, pentru limitarea curentului de pornire nu este recomandată deoarece:

— complică schema de pornire;

— măreşte numărul aparatelor;

— încălzirea înfăşurării motorului în timpul pornirii creşte.

Experienţa sovietică ne arată că, din cauza complicării schemei de pornire şi a creşterii numărului de aparate, se pot produce în exploatare adesea avarii grave.

Este greşită părerea că pornirea motorului cu tensiunea scăzută ar avea ca urmare o încălzire mai mică. Pentru a ilustra acest lucru să presupunem că pentru pornirea în gol a unui motor

asincron cu rotorul în scurtcircuit, la tensiunea nominală a reţelei (U_n) curentul de pornire este egal cu de şase ori curentul nominal (I_n) iar durata pornirii de o secundă.

Dacă pornirea s-ar face la o tensiune de 0,5 U_n, curentul de pornire, scăzînd proporţional cu tensiunea, va fi egal în acest caz cu de trei ori curentul nominal. Deoarece cuplul de rotaţie al motorului asincron variază proporţional cu pătratul tensiunii, în cazul considerat de noi el va scădea în raportul:

$$\left(\frac{U_r}{0{,}5\ U_n}\right)^2 = 4 \text{ ori} \qquad \text{pentru } U_r = U_n$$

în timp ce durata pornirii va creşte în mod corespunzător tot de patru ori.

Cantitatea de energie degajată în înfăşurările motorului electric este proporţională cu produsul dintre durata pornirii şi pătratul curentului de pornire. Această cantitate de energie este aceiaşi în ambele cazuri considerate, deci putem scrie, în cazul că presupunem $I_n = 1$, că:

$$6^2 \cdot 1 = 3^2 \cdot 4 = 36.$$

In cazul pornirii sub sarcină, durata pornirii nu va mai fi proporţională cu întreaga valoare a cuplului de rotaţie pe care îl dezvoltă motorul electric ci numai cu diferenţa dintre cuplul de rotaţie al motorului şi cuplul rezistent al mecanismului antrenat, adică:

$$t_p = \frac{T_a}{\frac{M_{rot}}{M_{nom}} - \frac{M_r}{M_{nom}}}$$

în care: T_a este constanta mecanică de timp a agregatului format din motor şi mecanismul antrenat în s;

M_{rot} — cuplul de rotaţie în kgm;

M_r — cuplul rezistent, în kgm;

M_{nom} — cuplul nominal, în kgm;

t_p — durata pornirii, în secunde.

Presupunem, pentru simplificare, că cuplul de rotire al motorului şi cuplul rezistent al mecanismului rămîn constante în timpul pornirii. De asemenea să admitem că cuplul de rotaţie al motorului este egal cu cuplul nominal, iar cuplul rezistent este egal cu 20% din cuplul nominal şi să comparăm cantitatea de energie degajată în înfăşurările motorului în cazul pornirii la tensiunea nominală a reţelei şi în cazul pornirii cu o tensiune 0,5 U_n.

In primul caz durata pornirii va fi invers proporţională cu diferenţa cuplurilor, fiind dată, în ipoteza că $T_a = 1$, de următoarea relaţie:

$$t_p = \frac{T_a}{\frac{M_{rot}}{M_{nom}} - \frac{M_r}{M_{nom}}} = \frac{1}{\frac{M_{nom}}{M_{nom}} - \frac{0{,}2\ M_{nom}}{M_{nom}}} =$$

$$= \frac{1}{1-0{,}2} = \frac{1}{0{,}8} = 1{,}25 \text{ s.}$$

In al doilea caz durata pornirii va fi invers proporţională cu diferenţa cuplurilor şi anume:

$$t_{p\,0{,}5} = \frac{T_a}{\frac{M_{rot}}{M_{nom}} - \frac{M_r}{M_{nom}}} = \frac{1}{\frac{0{,}25\ M_{nom}}{M_{nom}} - \frac{0{,}2\ M_{nom}}{M_{nom}}} =$$

$$= \frac{1}{0{,}25-0{,}2} = \frac{1}{0{,}05} = 20 \text{ s.}$$

Aşa dar durata pornirii nu a crescut de patru ori ca la pornirea în gol ci de $\frac{20}{1{,}25} = 16$ ori.

La pornirea sub tensiunea nominală cantitatea de energie şi deci şi încălzirea înfăşurărilor motorului, va fi proporţională cu produsul:

$$I_{p1} \cdot t_{p1} = 6^2 \cdot 1{,}25 = 45,$$

iar în cazul pornirii cu tensiunea de 0,5 U_n, cu produsul

$$I_{p\,0{,}5} \cdot t_{p\,0{,}5} = 3^2 \cdot 20 = 180$$

adică de patru ori mai mare decît în cazul cînd pornirea se face direct la tensiunea reţelei.

Avantajele pornirii directe la tensiunea nominală a reţelei sînt evidente şi de aceea această metodă de pornire este necesară pentru instalaţiile serviciilor interne ale centralelor electrice pentru orice putere a motorului.

Dacă în unele centrale electrice se află în exploatare motoare asincrone cu rotorul bobinat şi dacă aceste motoare nu sînt prevăzute cu dispozitive de reglare a turaţiei impusă de motive tehnologice este de recomandat ca ele să fie modificate spre a putea fi pornite direct sub tensiunea nominală a reţelei.

Motoarele, care au condiţii de pornire uşoare (pompe de circulaţie, ventilatoare), cu mase în mişcare mici şi cu cupluri rezistente reduse pot fi modificate spre a fi pornite direct la tensiunea reţelei prin simpla scurtcircuitare a înfăşurării rotorului.

La motoarele cu condiţii de pornire grele (mori, aspiratoare de fum, concasoare) rotoarele trebuie transformate în rotoare în scurtcircuit cu scopul de a le mări cuplul de rotaţie.

O condiţie de bază pe care trebuie să o satisfacă protecţia prin relee a tuturor elementelor reţelei, serviciilor interne, este asigurarea autopornirii motoarelor electrice care acţionează mecanisme importante (paragraful 742) în centralele electrice a căror scoatere din funcţie ar putea periclita funcţionarea unor agregate de bază din centralele electrice. Autopornirea motoarelor trebuie să se producă atunci cînd acestea şi-au micşorat viteza sau care s-au oprit chiar complet, în timpul unui scurtcircuit sau în timpul întreruperii tensiunii dintr-o cauză oarecare. Pentru obţinerea acestui lucru protecţia prin relee este astfel făcută încît motoarele nu sînt deconectate în nici unul din cazurile de mai sus ci pe măsura restabilirii tensiunii, îşi măresc viteza şi intră treptat în funcţiune

fără a se perturba procesul tehnologic al centralei electrice respective.

Protecţia minimală de tensiune fără temporizare sau cu o temporizare mică, precum şi protecţia maximală reglată greşit (prea sensibilă) are ca urmare că, la scăderi de tensiune de scurtă durată, adeseori posibile în reţeaua serviciilor interne, se pot produce deconectări în masă ale motoarelor ce antrenează mecanisme importante în centralele electrice.

Cercetările făcute în Uniunea Sovietică au demonstrat posibilitatea autopornirii motoarelor electrice ale serviciilor interne, fapt ce a făcut să fie introduse cu succes şi în practica exploatării.

Autopornirea (paragraful 742) este posibilă atît la motoarele cu rotor în scurtcircuit, cît şi la motoarele cu rotorul bobinat. La restabilirea tensiunii va avea loc în mod inevitabil o cădere de tensiune în rezistenţele aflate între sursa de alimentare şi motor. Datorită acestui fapt tensiunea motoarelor la autopornire va fi mai mică decît cea nominală şi ca urmare şi curentul de pornire. Acest lucru impune ca protecţia minimală de tensiune să nu se instaleze la nici un motor important, nici chiar la motoarele cu rotor bobinat. Această protecţie urmează să fie folosită numai pentru deconectarea de la reţea a motoarelor mai puţin importante, cu scopul de a uşura condiţiile de autopornire ale motoarelor importante.

Una din condiţiile de bază ale autopornirii este deconectarea rapidă a scurtcircuitelor, pentru care fapt toate motoarele trebuie să fie prevăzute cu dispozitive de protecţie instantanee (paragraful 741). Curentul de pornire al acestei protecţii trebuie să fie mai mare decît curentul de pornire a motorului, pentru cazul pornirii direct la tensiunea reţelei, cu dispozitivele de pornire scoase din circuit. Ultima condiţie este extrem de importantă în special pentru motoarele cu rotorul bobinat. In cazul pornirii cu reostatul în circuit, curentul de pornire a acestor motoare nu depăşeşte dublul curentului nominal iar la autopornire, cînd reostatul de pornire este scos din circuit, curentul din motor poate fi mult mai mare, fapt pentru care se cere ca curentul de pornire al protecţiei maximale împotriva scurtcircuitelor să fie mai mare decît acest curent.

Trebuie să se aibă în vedere că scopul principal al acestei protecţii nu este atît protejarea motorului, cît eliminarea rapidă a scurtcircuitelor produse în cablu ce alimentează motorul sau în înfăşurarea statorului.

Siguranţele folosite pentru protecţia motoarelor serviciilor interne, trebuie să fie alese cu un anumit coeficient de siguranţă, adică pentru un curent mai mare decît curentul de pornire şi cel de autopornire al motoarelor şi în aşa fel încît ele să funcţioneze sigur la scurtcircuite în cablurile de alimentare şi la bornele înfăşurării statorului.

La motoarele de înaltă tensiune (3 000 V) ale serviciilor interne nu trebuie să se folosească protecţia termică, aceasta datorită dezavantajelor pe care acestea le are şi anume : reglare şi deservire complicată, nesiguranţă în funcţionare datorită variaţiilor temperaturii mediului ambiant. De asemenea şi protecţia celorlalte elemenete ale reţelei serviciilor interne trebuie să asigure autopornirea motoarelor importante. In acest scop protecţia maximală a transformatorului sau liniei, ce alimentează barele de alimentare a serviciilor interne, nu trebuie să fie sensibilă la curentul de pornire al tuturor motoarelor legate la linia sau transformatorul respectiv. Temporizarea acestei protecţii trebuie să fie de ordinul 0,5—0,6 s, pentru a asigura desensibilizarea în timp faţă de protecţiile instantanee ale motoarelor. Dacă în cazul unui scurtcircuit în cablul ce alimentează un motor, nu ar fi această temporizare, s-ar deconecta sursa de alimentare a serviciilor interne ale centralei, ceea ce este inadmisibil.

Pentru a evita folosirea transformatoarelor cu reglare sub sarcină în serviciile interne se admite ca motoarele serviciilor interne să funcţioneze la variaţii de tensiune de —5% şi +10% (paragraful 744), mai mari deci decît în instalaţiile industriale. Limita superioară de +10% s-a luat mai mare decît cea inferioară (—5%) pe considerentul că motorul se va găsi în condiţii nai uşoare decît în cazul cînd va funcţiona cu tensiune scăzută.

Pentru a ilustra acest lucru să vedem care va fi curentul consumat de motor şi alunecarea acestuia în cazul funcţionării la plină sarcină (puterea înscrisă pe plăcuţă) :

— sub o tensiune cu 10% mai mare decît cea nominală şi

— sub o tensiune cu 10% mai mică decît cea nominală.

Dacă tensiunea scade cu 10% cuplul de rotaţie dezvoltat de motor se va micşora în raportul :

$$\left(\frac{U_n}{0{,}9\,U_n}\right)^2 = \frac{1}{0{,}81} = 1{,}24$$

adică alunecarea se va mări cu mai mult de 19% iar curentul în stator va creşte aproximativ cu 10%.

La funcţionarea sub o tensiune cu 10% mai mare decît cea nominală, cuplul de rotaţie va creşte proporţional cu pătratul tensiunii adică cu 21%, alunecarea va scădea cu 20% iar curentul din stator se va micşora aproximativ cu 10%. La creşterea tensiunii, pierderile din fierul activ al statorului vor creşte şi în consecinţă va creşte şi temperatura sa. Incălzirea înfăşurării statorului este determinată practic de pierderile din înfăşurare, datorită curentului statorului şi încălzirii fierului activ al acestuia. Creşterea temperaturii fierului activ va avea o influenţă mai mică asupra temperaturii înfăşurării, din cauză că temperatura produsă de curentul ce circulă în stator s-a micşorat datorită scăderii curentului. Din această cauză temperatura înfăşurării statorului, atunci cînd motorul funcţionează cu o tensiune cu 10% mai

mare decît cea nominală, va fi mai mică decît atunci cînd funcţionează sub tensiunea nominală. De asemenea creşterea temperaturii fierului activ datorită sporirii tensiunii nu prezintă pericol pentru motor.

In consecinţă datorită şi creşterii cuplului de rotaţie, condiţiile de pornire şi de autopornire ale motorului se îmbunătăţesc atunci cînd funcţionează sub o tensiune cu 10% mai mare ca cea nominală, decît în cazul cînd ar funcţiona sub o tensiune cu 10% sub cea nominală.

Incercările preventive (paragraful 749) anuale ale motoarelor electrice au ca scop identificarea a o serie de defecte. Astfel măsurarea rezistenţei izolaţiei permite să se aprecieze existenţa defectelor evidente ale izolaţiei înfăşurărilor, precum şi starea acesteia în ceea ce priveşte murdărirea şi umiditatea. Măsurarea rezistenţei izolaţiei trebuie să se facă pentru fiecare fază a înfăşurării faţă de corp şi faţă de înfăşurările celorlalte două faze. La început măsurarea se face cu cablul. Dacă starea izolaţiei este nesatisfăcătoare — prea scăzută — sau dacă rezistenţa ei este mult scăzută în comparaţie cu valorile măsurătorilor anterioare, cablurile se deconectează. Dacă se va constata că scăderea rezistenţei izolaţiei se datoreşte înfăşurării, atunci se măsoară rezistenţa izolaţiei înfăşurării fiecărei faze în parte, cablurile fiind deconectate. Scăderea pronunţată a rezistenţei de izolaţie a unei faze în comparaţie cu celelalte două faze este o dovadă că există un defect local.

Pentru verificarea gradului de umezire a înfăşurărilor, măsurarea trebuie să se facă timp de un minut, notîndu-se valorile după 15 şi după 60 s.

Raportul $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ caracterizează gradul de umezire, înfăşurarea se consideră uscată dacă:

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} \geqslant 1{,}3$$

la o temperatură a înfăşurărilor între 10°...30 °C.

Incercările izolaţiei înfăşurărilor cu tensiune mărită în curent alternativ (paragraful 749 C) este extrem de eficace pentru constatarea defectelor locale ale izolaţiei în timpul reparaţiilor capitale şi pentru mărirea siguranţei de funcţionare a motoarelor în exploatare. Pentru ca această încercare să fie eficace, încercarea fiecărei faze trebuie să fie făcută atît faţă de corp cît şi faţă de celelalte două faze. Dacă încercarea izolaţiei înfăşurărilor s-ar face numai faţă de corp, nu s-ar putea constata defectele existente între fazele înfăşurărilor, ceea ce ar produce în exploatare scurtcircuite între faze. Pentru a se putea face aceste încercări şi la motoarele la care în exterior sînt scoase numai trei capete ale înfăşurărilor, este necesar ca la prima ocazie să se scoată şi celelalte trei capete.

In timpul reparaţiilor capitale încercarea cu tensiune mărită trebuie făcută imediat la oprirea motorului înainte ca acesta să fi fost curăţit de praf sau murdărie. Acesta este necesar pentru că dacă izolaţia este curată, o serie întreagă de defecte, ca de pildă crăpăturile profunde ale izolaţiei uneori nu pot fi constatate la încercarea cu tensiune mărită, pe cînd dacă izolaţia este umedă sau murdară aceste defecte se constată uşor.

In afară de încercarea cu tensiune mărită în curent alternativ este de recomandat să se execute şi încercarea cu curent continuu (paragraful 749 b) sub o tensiune de două ori tensiunea nominală. Această încercare permite să se scoată în evidenţă o serie de defecte care nu pot fi constatate cu curent alternativ cum ar fi de exemplu contactele slabe din circuitul înfăşurărilor.

Bibliografie

[1] *Stromatnicov I. A.*: Regimurile de funcţionare ale motoarelor asincrone.
[2] *Rivlin L. B.*: Motoarele electrice şi exploatarea lor.
[3] *Ghemke R. G.*: Defectele maşinilor electrice.
[4] *Piotrovschi L. M.*: Maşini electrice.
[5] *Molov N. N.*: Curs de electrotehnică şi radiotehnică.

1108 Elm 1/56
LEFORDITVA

Dimensionarea instalaţiilor de punere la pămînt

Ing. D. VOINEA

Se examinează principalele criterii pentru dimensionarea prizelor de pămînt din instalaţiile electrice. Se insistă în special asupra metodelor teoretice şi experimentale, mai puţin cunoscute, pentru asigurarea unei repartiţii nepericuloase de potenţiale la suprafaţa solului. In continuare, se subliniază necesitatea verificării stabilităţii termice şi a comportării în regim de şoc

Dispozitivele de punere la pămînt servesc la fixarea potenţialului — în raport cu solul — a anumitor elemente din instalaţiile electrice. Aceste elemente sau aparţin circuitelor sub tensiune, sau pot veni în mod accidental în contact cu părţi sub tensiune. Prima situaţie poate apare din condiţiile de funcţionare ale instalaţiei (legarea la pămînt a neutrului transformatorilor, generatorilor, a unei faze în sistemul doi conductori pămînt, etc.) ; cea de a doua este cerută de necesitatea asigurării protecţiei oamenilor şi animalelor împotriva tensiunilor de atingere, şi de pas periculoase.

Fenomenele electrice şi termice, care însoţesc procesul de dispersiune în sol a curentului de defect, nu trebuie să depăşească un anumit grad de dezvoltare admisibil, astfel ca priza de pămînt să corespundă în cazurile cele mai dezavantajoase şi în mod repetat scopului arătat mai sus.

Pentru dimensionarea instalaţiilor de punere la pămînt este nevoie să se examineze în principiu următoarele trei probleme :

1). *repartiţia potenţialelor la suprafaţa solului*, în scopul evitării tensiunilor de atingere şi de pas periculoase.

2). *regimul termic*, pentru a se evita depăşirea unei temperaturi maxime admisibile — circa 100°C — dincolo de care funcţionarea prizei este compromisă.

3). *comportarea la unda de şoc*, pentru a se asigura funcţionarea corectă a aparatelor pentru protecţia contra supratensiunilor atmosferice.

I. Determinarea repartiţiei potenţialelor la suprafaţa solului

Problema este limitată, în cele ce urmează, la regimul scurgerilor staţionare (densitatea curentului difuzat în sol şi intensitatea cîmpului electric, care se stabileşte, sînt constante în timp). Concluziile rămîn însă valabile nu numai în cazul curentului continuu, ci într-o primă aproximaţie pot fi admise — cu caracter orientativ — şi pentru frecvenţele joase (≤ 50 Hz) ale curentului alternativ.

Difuzarea curentului în sol este supusă legilor fundamentale Ohm şi Kirchhoff în forma lor cea mai generală, adică :

a) Legea lui Ohm :

$$E = \rho j \qquad (1)$$

unde :

E este intensitatea locală a cîmpului electric ;

j — densitatea locală a curentului ;

ρ — rezistivitatea locală a mediului în care are loc difuziunea curentului.

b) Legea I a lui Kirchhoff : $\operatorname{div} j = 0$ (2)

c) Legea II a lui Kirchhoff : $\oint E dl = \sum e$ (3)

unde : $\sum e$ = suma forţelor electromotoare de-a lungul circuitului considerat.

Dacă cîmpul de scurgere nu conţine forţe electromotoare în spaţiul considerat, atunci cea de a doua lege a lui Kirchhoff se scrie $\oint E dl = 0$

De aci rezultă evident relaţia

$$E = -\operatorname{grad} \varphi \qquad (3')$$

Din combinaţia ecuaţiilor (1), (2) şi (3'), presupunînd ρ = constant, se obţine

$$\operatorname{div} j = \operatorname{div} \frac{E}{\rho} = -\frac{1}{\rho} \operatorname{div} \operatorname{grad} \varphi = 0$$

sau în definitiv :

$$\Delta \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \qquad (4)$$

Ecuaţia lui Laplace exprimă aşa dar, în forma cea mai generală, legea de variaţie a potenţialului în cazul unei scurgeri staţionare într-un mediu de rezistivitate constantă *). Determinarea repartiţiei de potenţiale la suprafaţa solului reclamă, aşa dar, rezolvarea ecuaţiei Laplace, adică găsirea funcţiei

$$\varphi = \varphi(x, y, z = z_0)$$

Din teoria ecuaţiei Laplace se ştie că există întotdeauna o soluţie unică atunci cînd sînt precizate valorile pe care le ia pe conturul cîmpului fie funcţiunea necunoscută (problema lui Dirichelet), fie derivata sa normală (problema lui Neumann) fie însfîrşit atît funcţiunea φ pe o porţiune de contur cît şi derivata sa normală pe restul conturului.

In cazul general găsirea unei soluţii exacte întîmpină serioase dificultăţi.

Studiul difuziunii în sol a curenţilor de punere la pămînt se mai simplifică dacă se admit încă următoarele ipoteze :

*) Ipoteza omogenităţii solului — din punct de vedere al rezistenţei electrice — este valabilă cu o foarte bună aproximaţie în cazul prizelor localizate, dar este mai puţin corectă pentru prizele întinse.

1. Pămîntul se consideră ca un semispaţiu conductor terminat printr-o suprafaţă plană. Aerul avînd o conductibilitate electrică extrem de mică în raport cu solul se consideră izolant. In consecinţă, la suprafaţa solului, cîmpul electric E şi densitatea de curent j nu posedă componentă normală.

Rezistenţa pe care pămîntul o opune scurgerii curentului este neglijabil de mică la distanţe mari de priză, deoarece secţiunea de trecere este aici foarte mare. In schimb, în imediata apropiere a prizei, secţiunea de trecere fiind cu mult mai mică, rezistenţa pămîntului atinge valori apreciabile şi în consecinţă vor rezulta căderi de tensiune importante.

2. Conductibilitatea electrică a prizei propriu zise este foarte mare în raport cu pămîntul (de cel puţin $10^7 \div 10^8$ ori). Din acest motiv, de-a lungul suprafeţei prizei, potenţialul poate fi considerat practic constant.

* * *

Sursa punctiformă în sol nelimitat. Cea mai simplă problemă de determinare a cîmpului de potenţiale intervine în cazul unei surse punctiforme situată într-un mediu conductor

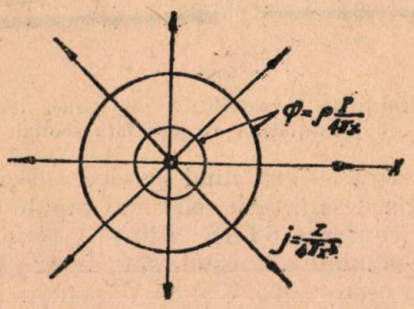


Fig. 1. Sursa punctiformă în sol nelimitat.

nelimitat în toate direcţiile. Dacă I este curentul difuzat în sol, densitatea de curent j la distanţa x de sursă se determină folosind prima lege a lui Kirchhoff şi observînd că din motive de simetrie distribuţia curentului se face uniform în toate direcţiile :

$$j = \frac{I}{4\pi x^2}$$

Cîmpul E la distanţa x de sursă este, conform legii lui Ohm.

$$E = \rho j = \rho \frac{I}{4\pi x^2} .$$

Potenţialul φ la distanţa x de sursă se găseşte, folosind legea doua a lui Kirchhoff.

$$\varphi = -\int_{\infty}^{x} E\,dx = \rho \frac{I}{4\pi x} .$$

Suprafeţele echipotenţiale vor fi sfere concentrice cu centrul în sursă, iar liniile de curent vor fi raze izvorînd din sursă.

*

Teoria sursei punctiforme ar putea fi aplicată unei prize oarecare, dacă se descompune suprafaţa exterioară a prizei, în contact cu solul, într-o infinitate de suprafeţe elementare ds, fiecare din acestea constituind o sursă punctiformă de curent, în sensul celor examinate mai sus.

Dacă j este densitatea de curent corespunzătoare elementului de suprafaţă ds, atunci există relaţia :

$$I = \int_s j\,ds$$

La distanţa x de sursa punctiformă elementară, cîmpul datorit acestei surse va avea valoarea :

$$dE = \rho \frac{j\,ds}{4\pi x^2}$$

iar potenţialul elementar corespunzător

$$d\varphi = -\frac{\rho j\,ds}{4\pi} \int_{\infty}^{x} \frac{dx}{x^2} = \frac{\rho}{4\pi} \cdot \frac{j\,ds}{x} .$$

Ecuaţia lui Laplace fiind liniară în raport cu potenţialul, rezultă că potenţialul total φ poate fi dedus prin însumarea potenţialelor datorite surselor elementare :

$$\varphi = \frac{\rho}{4\pi} \int_s \frac{j\,ds}{x} .$$

Riguros vorbind expresia de mai sus nu este exactă, în special în apropierea prizei, deoarece sursa punctiformă care difuzează curentul $j\,ds$ nu se găseşte într-un mediu omogen (o parte din spaţiu este ocupat de însăşi priza, care posedă o conductibilitate cu totul diferită de restul mediului). Pe de altă parte pentru efectuarea integralei va trebui să se cunoască în prealabil distribuţia densităţii de curent j la suprafaţa prizei. Deobicei această distribuţie este necunoscută.

Pentru distanţe x foarte mari — în raport cu dimensiunile prizei — se poate presupune cu suficientă exactitate $x = R = \text{const}$ şi deci :

$$\varphi = \frac{\rho}{4\pi R} \int_s j\,ds = \frac{\rho I}{4\pi R} .$$

Prin urmare la distanţe mari de priză suprafeţele echipotenţiale tind să devină sfere, indiferent de forma prizei. Acest rezultat este important. El permite stabilirea valorilor pe contur ale cîmpului de potenţiale (s-a arătat mai înainte că suprafaţa prizei în contact cu solul este o suprafaţă echipotenţială).

Metoda imaginii. Ipoteza mediului de dispersiune nelimitat nu corespunde realităţii, deoarece

prizele de pămînt sînt întotdeauna situate în apropierea suprafeţei solului. Va trebui să se ţină seama de faptul că fenomenul de dispersiune a curentului se petrece într-un semispaţiu conductor separat printr-o suprafaţă plană de un semispaţiu izolant (aerul).

In cazul sursei punctiforme în mediu nelimitat spaţial, liniile de curent fiind radiale, în orice plan trecînd prin sursă atît cîmpul electric cît şi densitate de curent nu posedă componentă normală.

$$E_n = 0$$

$$I_n = 0.$$

Spectrul dispersiunii nu se modifică dacă se presupune că spaţiul înconjurător sursei de curent

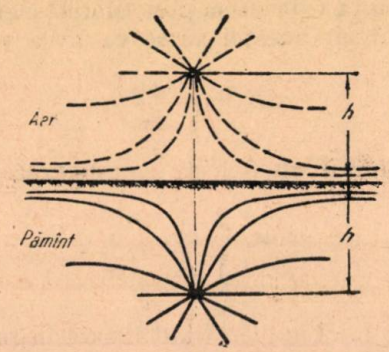


Fig. 2. Metoda imaginii.

este împărţit în două printr-un plan de separaţie izolant trecînd prin sursă. Dacă mai departe unul din semispaţiile astfel creiate este presupus izolant, iar curentul dispersat în sol se reduce la jumătate din valoarea iniţială, nu există niciun motiv ca fenomenul dispersiunii în semispaţiul conductor să sufere vre-o modificare. Acesta este cazul sursei de curent punctiforme situate la suprafaţa solului.

Pentru o sursă (sau un sistem de surse) de curent situată la o adîncime h sub nivelul solului se recurge la următorul artificiu : se introduce o sursă fictivă egală cu prima şi simetrică faţă de suprafaţa pămîntului. Cîmpul rezultant al acestor două surse (sau sisteme de surse) se bucură de proprietatea că în planul de simetrie liniile de curent sînt lipsite de componentă normală. Deoarece condiţiile pe conturul cîmpului au fost reproduse identic prin această configuraţie, rezultă — dată fiind legea de variaţie a potenţialului — că spectrul dispersiunii nu s-a schimbat.

In general, pentru a putea studia cîmpul electric în jurul unei prize de pămînt ca şi cum dispersiunea ar avea loc într-un mediu nelimitat în toate direcţiile, se va înlocui priza dată cu un sistem de prize alcătuit din priza dată şi simetrica (imaginea) ei în raport cu suprafaţa pămîntului. Va trebui să se ţină seama în calcule că fiecare din cele două prize difuzează în sol un acelaşi curent.

In cazul sursei punctiforme situate la suprafaţa solului

$$\varphi_x = \frac{\rho I_1}{4\pi x} = \frac{\rho \cdot 2I}{4\pi x} = \frac{\rho I}{2\pi x}.$$

Elemente caracteristice ale curbei de repartiţie a potenţialelor la suprafaţa solului. Curba de repartiţie a potenţialelor la suprafaţa solului

$$\varphi = \varphi(x,y)$$

are în general o alură descendentă şi prezintă cîteva elemente caracteristice, anume :

— potenţialul prizei de pămînt (φ_0)

— tensiunea de atingere (U_A) = diferenţa de potenţial dintre două puncte ale curbei, distanţate cu circa 80 cm, unul pe electrod şi celălalt în direcţia descreşterii celei mai rapide a potenţialului (conform STAS 2840—51 tensiunile de atingere maxime admisibile sînt de 125 V pentru instalaţii peste 1000 V şi 65 V pentru instalaţii sub 1 000 V) ;

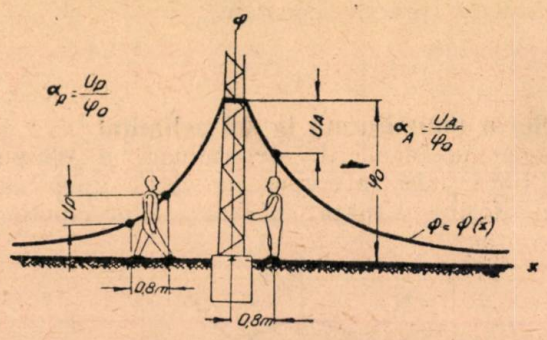


Fig. 3. Elementele caracteristice ale curbei de repartiţie a potenţialelor la suprafaţa solului.

— tensiunea de pas (U_p) = diferenţa de potenţial dintre două puncte ale curbei, distanţate cu circa 80 cm, în direcţia descreşterii celei mai rapide a potenţialului ;

— zona (zonele) tensiunilor periculoase, reprezintă acea regiune de la suprafaţa solului în interiorul căreia, datorită mărimii tensiunilor de atingere sau de pas, curentul ce ar străbate în condiţii normale corpul unui om, ar depăşi limita admisibilă (circa 10 mA la 50 Hz).

In legătură cu potenţialul prizei de pămînt φ_0 şi cu curentul difuzat în sol I se defineşte încă o mărime caracteristică şi anume :

— rezistenţa de dipersiune a prizei (R)

$$R = \frac{\varphi_0}{I}$$

Rezistenţa de dispersiune R constituie un parametru de orientare în legătură cu pericolul pe care îl prezintă tensiunile de atingere şi de pas la o priză de pămînt străbătută de curentul I. Acest lucru se pune mai clar în evidenţă exprimînd atît tensiunea de atingere U_A cît şi tensiunea

de pas U_p în funcţie de potenţialul prizei φ_0, prin intermediul coeficienţilor subunitari

$$\alpha_A = \frac{U_A}{\varphi_0} \quad \text{(coeficientul de atingere)}$$

$$\alpha_p = \frac{U_p}{\varphi_0} \quad \text{(coeficientul de pas).}$$

Coeficienţii α_A şi α_P sînt funcţii de x şi y şi de configuraţia prizei. Din acest motiv nu se poate determina gradul de pericol pe care îl prezintă o instalaţie de punere la pămînt dacă se analizează numai valoarea rezistenţei de dispersiune. Se poate chiar ca prize de pămînt cu rezistenţe de dispersiune mari, dar cu o dispoziţie a electrozilor judicioasă, să ofere riscuri mai mici decît prize similare cu rezistenţe de dispersiune mai reduse, dar cu o dispoziţie defectuoasă a electrozilor.

Prize elementare. Pentru electrozii (prizele elementare), care intervin în alcătuirea instalaţiilor de punere la pămînt, este posibil să se determine fără dificultăţi expresia analitică a legii de variaţie a potenţialului $\varphi = \varphi\ (x,y)$.

1. *Priza emisferică*. Deşi în practică nu se întrebuinţează niciodată un astfel de electrod totuşi el poate fi adoptat ca o primă aproximaţie de calcul pentru unele tipuri de prize (de exemplu pentru suporţii metalici ai liniilor de înaltă tensiune).

Teoria prizei emisferice nu diferă decît foarte puţin de aceea a sursei punctiforme.

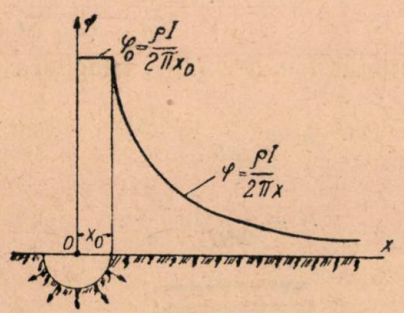


Fig. 4. Priza emisferică.

$$\varphi = \frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{1}{x} \quad x \geqslant x_0 \quad (x_0 = \text{raza prizei})$$

$$\varphi_0 = \frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{1}{x_0}$$

$$U_A = \varphi_0 - \varphi_{x_0+p} = \frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{p}{x_0(x_0+p)}$$

$$U_p = \varphi_{x-\frac{p}{2}} - \varphi_{x+\frac{p}{2}} = \frac{\rho I}{2\pi} \cdot \frac{p}{x^2 - \frac{p^2}{4}}$$

(a)

$p = 80$ cm (lungimea unui pas normal)

$$R = \frac{\varphi_0}{I} = \frac{\rho}{2\pi x_0}$$

(a)

2. *Placa circulară*. Nici acest tip de electrod nu este utilizat în practică. Se obişnuieşte însă a se aproxima priza formată de talpa piciorului în contact cu solul cu o priză de tip placă circulară. Studiul ei se face privind-o ca un caz limită al unui elipsoid de revoluţie (se completează şi semispaţiul superior conform metodei imaginii). Suprafeţele echipotenţiale sînt elipsoizi de rotaţie în jurul axei z, iar liniile de curent determină hiperboloizi de rotaţie. Într-un plan meridian la intersecţia cu aceste suprafeţe, se obţin elipse şi iperbole confocale (distanţa focală $2c$ fiind egală cu diametrul plăcii)

$$\varphi = \frac{\rho}{2\pi c} I \text{ arc } \sin \frac{c}{x}$$

$$\varphi_0 = \frac{\rho}{4c} I \quad \text{(se face } x = c).$$

$$U_A = \varphi_0 - \varphi_{c+p} = \frac{\rho}{2\pi c} I \text{ arc } \sin \frac{c}{c+p}$$

$$U_p = \varphi_{x-\frac{p}{2}} - \varphi_{x+\frac{p}{2}} \cong$$

$$\frac{\rho}{2\pi c} I \text{ arc sin.} \frac{c}{x - \frac{p^2}{4}} \cdot \frac{xp}{\sqrt{x^2 + \frac{p^2}{4} - c^2}}$$

$$R = \frac{\varphi_0}{I} = \frac{\rho}{4c}.$$

(b)

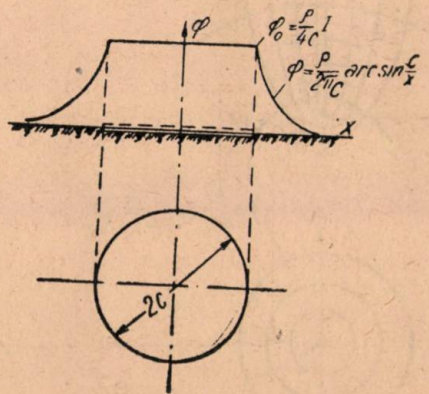


Fig. 5. Placa circulară.

La aceeaşi rază, rezistenţa unei plăci este de $\frac{\pi}{2} = 1{,}57$ ori mai mare decît a unei emisfere. De asemenea o placă circulară introduce o zonă de gradienţi de potenţial ridicaţi mult mai întinsă decît o emisferă de aceeaşi rază.

Pentru *placa dreptunghiulară* se găseşte următoarea expresie pentru rezistenţa de dispersiune

$$R = \frac{\rho}{8\sqrt{\frac{s}{\pi}}}\left[1 + \frac{2}{\pi}\arcsin\sqrt{\frac{s}{4h^2\pi + s}}\right]$$

unde S = suprafaţa plăcii :

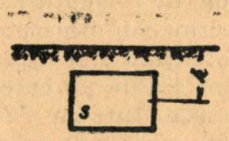


Fig. 6. Placa dreptunghiulară

Electrozii de tip placă sînt indicaţi numai în cazul prizelor localizate (de exemplu pentru stîlpii unei linii de înaltă tensiune). Ei cer o manoperă mai mare. Pentru a se evita dezavantajele rezultate din tasarea terenului se recomandă aşezarea lor în poziţie verticală.

3. *Ţeava.* Cea mai simplă metodă pentru determinarea spectrului cîmpului de scurgere în

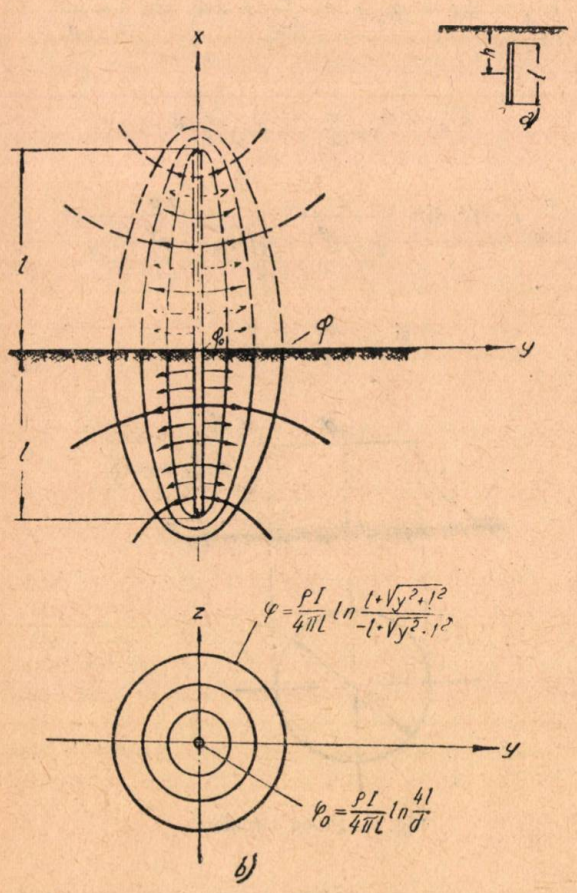


Fig. 7 Teavă

jurul unei ţevi este aceea a sursei liniforme. Suprafeţele echipotenţiale sînt elipsoizi de rotaţie (liniile de nivel într-un plan trecînd prin ţeavă sînt elipse confocale — cele 2 focare găsindu-se la extremităţile ţevii).

$$\varphi = \frac{\rho I}{4\pi l}\ln\frac{l + \sqrt{y^2 + l^2}}{-l + \sqrt{y^2 + l^2}}$$

$$\varphi_0 \cong \frac{\rho I}{2\pi l}\ln\frac{4l}{d} \quad \text{pt } d \ll 1 \ (d = \text{diametrul ţevii})$$

$$U_A = \frac{\rho I}{2\pi l}\ln\frac{2p}{d} \quad p = 80 \text{ cm (lungimea unui pas normal)}$$

$$U_p = \frac{\rho I}{4\pi l}\ln\frac{\left[l + \sqrt{\left(y - \frac{p}{2}\right)^2 + l^2}\right]\left[-l + \sqrt{\left(y + \frac{p}{2}\right)^2 + l^2}\right]}{\left[l + \sqrt{\left(y + \frac{p}{2}\right)^2 + l^2}\right]\left[-l + \sqrt{\left(y - \frac{p}{2}\right)^2 + l^2}\right]}$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{4l}{d}$$

în cazul adîncimii de îngropare h:

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi l}\left[\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h + l}{4h - l}\right].$$

Tevile verticale sînt utilizate pe o scară largă deoarece la aceeaşi cantitate de material oferă rezistenţe de dispersiune mai mici decît celelalte tipuri de electrozi, necesită o manoperă mai redusă şi realizează instalaţii de punere la pămînt cu un mare grad de insensibilitate faţă de condiţiile meteorologice.

4. *Banda.* Studiul benzilor se deduce din cel al ţevilor. Cîmpul de scurgere este numai rotit cu 90° faţă de cel întîlnit în cazul electrodului vertical.

$$\varphi = \frac{\rho I}{4\pi l}\ln\frac{x + l + \sqrt{y^2 + (x + l)^2}}{x - l + \sqrt{y^2 + (x - l)^2}}$$

unde s-a notat $l = L/2$ (L = lungimea benzii).

$$\varphi_0 = \frac{\rho I}{2\pi L}\ln\frac{2L}{d}$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\ln\frac{2L}{d}$$

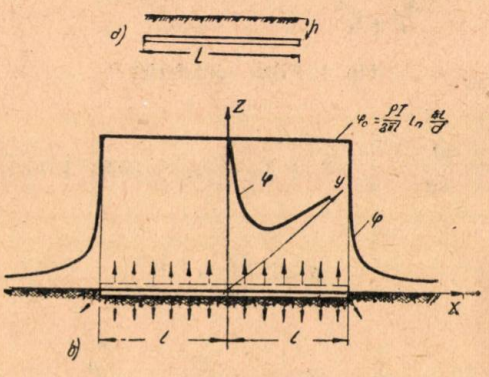


Fig. 8. Banda

în cazul adîncimii de îngropare h

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L}\ln\frac{8L^2}{dh} \quad \text{pentru } \frac{L}{2h} \leqslant 2{,}5.$$

Pentru aceleaşi lungimi de electrod benzile introduc zone de gradienţi de potenţial mai ridicate decît ţevile. Acest tip de electrod este indicat în cazul solurilor cu rezistivităţi proaste în adîncime (solurile stîncoase) sau în combinaţie cu celelalte tipuri de electrozi, pentru obţinerea unei aplatisări locale a curbei de repartiţie a potenţialelor.

5. *Inelul.* Studiul prizei inelare poate fi util pentru calculul aproximativ al unei centuri de

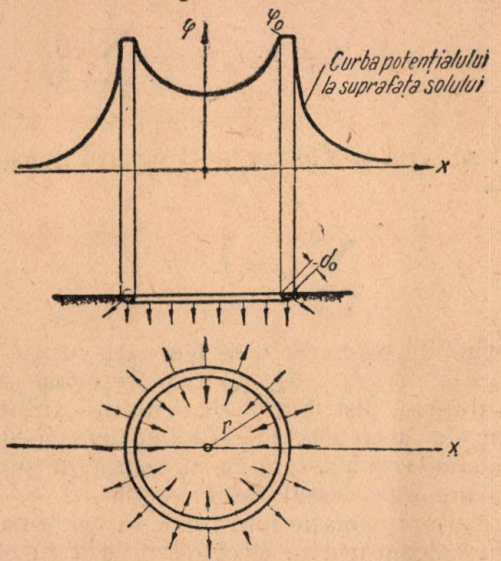


Fig. 9. Priza inelară.

punere la pămînt de o formă apropiată de cea circulară.

$$\varphi = \frac{\rho I}{\pi^2} \cdot \frac{1}{x + r} \cdot F \qquad (g)$$

valorile fncţiei F [1] sînt date în diagrama de mai jos în raport cu coeficientul $k = \frac{2\sqrt{rx}}{r + x}$

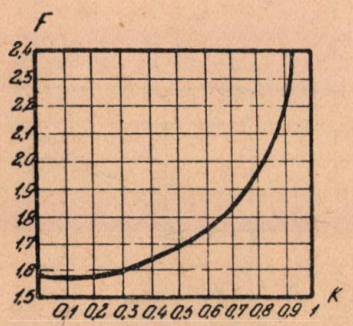


Fig. 10. Valorile funcţiei F pentru prize în forma de inel.

$$\varphi = \frac{\rho I}{2\pi^2 r} \ln 8\frac{r}{r_0}$$

$$U_A \cong \frac{\rho I}{2\pi^2 r} \ln \frac{p}{r_0} \qquad (h)$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 r} \ln 8\frac{r}{r_0}$$

sau în funcţie de lungimea l a inelului

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{8l}{\pi d_0}. \qquad (i)$$

Pentru a aceeaşi lungime rezistenţa unei prize inelare este mai mare decît aceea a unei benzi datorită influenţei reciproce dintre liniile de curent din interiorul inelului.

În cazul adîncimii de îngropare h

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi D^2} \ln \frac{8\pi D^2}{d_0 h} \quad \text{unde } D = 2r. \qquad (j)$$

Prize multiple. Electrozii de dimensiuni obişnuite, montaţi singuri, nu asigură apariţia unor tensiuni de atingere şi de pas nepericuloase, decît pentru valori relativ reduse ale curenţilor de punere la pămînt. Intensităţile de curent care intervin în cazul prizelor de pămînt pot fi însă foarte mari (cîteva mii de amperi în instalaţiile de înaltă tensiune cu neutrul legat direct la pămînt). Problema poate fi rezolvată pe mai multe căi.

Dacă se porneşte de la condiţia de bază

$$U_A \geqslant \alpha_A \varphi_0$$

unde s-a notat cu :

U_A — tensiunea de atingere admisibilă ;
$\varphi_0 = RI$ = potenţialul prizei ;
R — rezistenţa de dispersiune a prizei
I — curentul care traversează priza
α_A — coeficientul de atingere

atunci rezultă relaţia :

$$I \leqslant \frac{U_A}{\alpha_A R}$$

care exprimă capacitatea de dispersiune (în amperi) a unei instalaţii de punere la pămînt. Tensiunea de atingere admisibilă (U_A) fiind constantă, pentru a mări valoarea fracţiei din membrul al doilea al inegalităţii va trebui să se opereze asupra lui α_A şi R. Variaţiile posibile ale lui α_A sînt în general mici (1÷0,2). In schimb rezistenţa R poate fi redusă în limite mult mai mari, fie mărind dimensiunile electrodului fie legînd în paralel mai mulţi electrozi. Cea de-a doua metodă este cea mai răspîndită.

Dacă distanţele dintre electrozii legaţi în paralel sînt foarte mari, cîmpurile de scurgere de la fiecare electrod practic nu se jenează reciproc. Curentul total de punere la pămînt se distribuie, în acest caz, invers proporţional cu rezistenţele de dispersiune elementare. Rezistenţa ansamblului electrozilor va fi

$$\frac{1}{R_\infty} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i} \qquad (k)$$

Curentul dispersat de electrodul de rang k va fi

$$I_k = \frac{R_\infty}{R_k} I \qquad (l)$$

şi repartiţia de potenţiale la suprafaţa solului se va deduce după regulile stabilite în capitolul precedent.

In realitate nu există aproape niciodată posibilitatea distanţării electrozilor astfel încît cîmpurile de scurgere să nu se suprapună. Teoretic, o asemenea situaţie s-ar obţine pentru distanţe reciproce infinite; în mod practic se poate considera cu suficientă aproximaţie că pentru distanţe de ordinul 20—30 ori dimensiunea principală a electrodului, influenţarea reciprocă a cîmpurilor de scurgere este neglijabilă. Dacă distanţele dintre electrozi sînt mai mici, atunci în vecinătatea lor există spaţii în sol străbătute de curenţi care provin de la doi sau mai mulţi electrozi. Suprapunerea acestor curenţi provoacă o creştere locală a valorii potenţialelor şi o sporire corespunzătoare a rezistenţei asamblului. Aşa dar:

$$R > R_\infty = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}} \qquad (m)$$

sau

$$R = \frac{R_\infty}{\eta} = \frac{1}{\eta \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}} \qquad (n)$$

η defineşte coeficientul de utilizare sau randamentul prizei.

Pentru a se putea găsi repartiţia potenţialelor la suprafaţa solului este nevoie să se determine în prealabil valoarea curentului care străbate fiecare electrod. In cazul prizelor de pămînt de dimensiuni nu prea mari (cazul centralelor electrice şi staţiilor) se poate admite ipoteza că potenţialul electrozilor este acelaşi. Distribuţia curentului pe electrozi se găseşte atunci rezolvînd un sistem de ecuaţii de ordinul întîi. Odată determinaţi curenţii elementari, pentru găsirea potenţialului într-un punct oarecare la suprafaţa solului, este suficient să se suprapună (dată fiind liniaritatea ecuaţiei potenţialului) pentru acel punct, valorile celor n cîmpuri potenţiale provenind de la cei n electrozi.

De exemplu dacă într-o primă aproximaţie se asimilează sistemul de electrozi cu un ansamblu de surse punctiforme se poate scrie următoarea relaţie pentru electrodul de rang k

$$\varphi_0 = \varphi'_k + \varphi''_k \qquad (o)$$

unde s-a notat cu

φ_0 — potenţialul unic al sistemului de electrozi

$\varphi'_k = R_k I_k$ — potenţialul propriu al electrodului de rang k

$\varphi''_k = \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^{n} \frac{\rho J_l}{2\pi} \cdot \frac{1}{d_{kl}}$ = potenţialul în punctul k datorit celorlalţi electrozi

(d_{kl} = distanţa de la electrodul de rang k la electrodul de rang l)

$$\varphi_0 = \varphi'_k + \varphi''_k = R_k I_k + \frac{\rho}{2\pi} \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^{n} \frac{I_l}{d_{kl}} \qquad (p)$$

La fel se scriu şi celelate $n-1$ ecuaţii precum şi relaţia

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = I.$$

Se obţine un sistem de $n+1$ ecuaţii cu $n+1$ necunoscute ($I_1, I_2 \ldots I_n, \varphi_0$) care rezolvat permite stabilirea distribuţiei de curenţi căutată.

Distanţele dintre electrozi fiind deobicei relativ reduse, asimilarea acestora cu un sistem de surse punctiforme este destul de grosieră.

Pentru o aproximaţie mai bună se poate considera în calcule fiecare electrod divizat în elemente suficient de mici, care să poată fi asimilate cu surse punctiforme. In practică un asemenea calcul se dovedeşte extrem de laborios chiar pentru dispoziţii simetrice ale electrozilor. Pe baza rezultatelor experimentale şi de calcul obţinute pentru diverse tipuri de prize s-au alcătuit o serie de diagrame, care au scopul de a orienta pe proiectantul unei instalaţii de punere la pămînt în alegerea soluţiei optime.

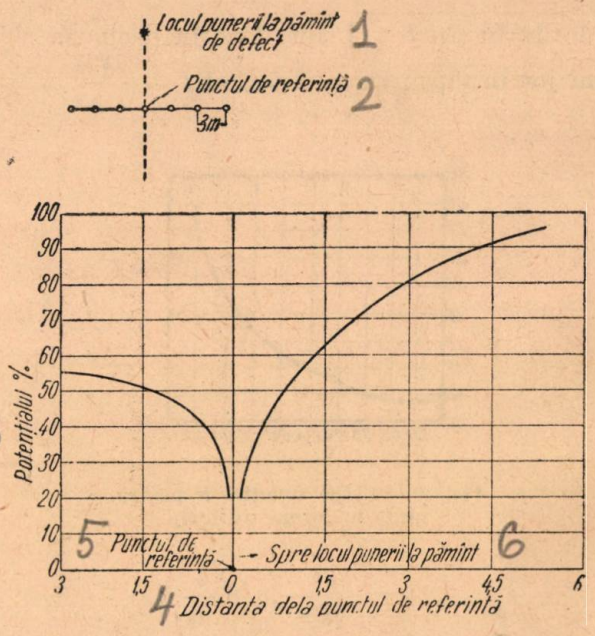


Fig. 11. Curba de variaţie a potenţialului pentru 7 ţevi de 3,65 m 1/2″ dispuse în linie dreaptă.

In fig. 11 [3] este indicată, pentru o priză alcătuită din 7 țevi de 3,65 m lungime 1/2" diametru, dispuse în linie dreaptă la distanțe egale de 3 m, curba de variație a potențialului după o direcție perpendiculară pe linia electrozilor, locul punerii la pământ fiind la o anumită distanță

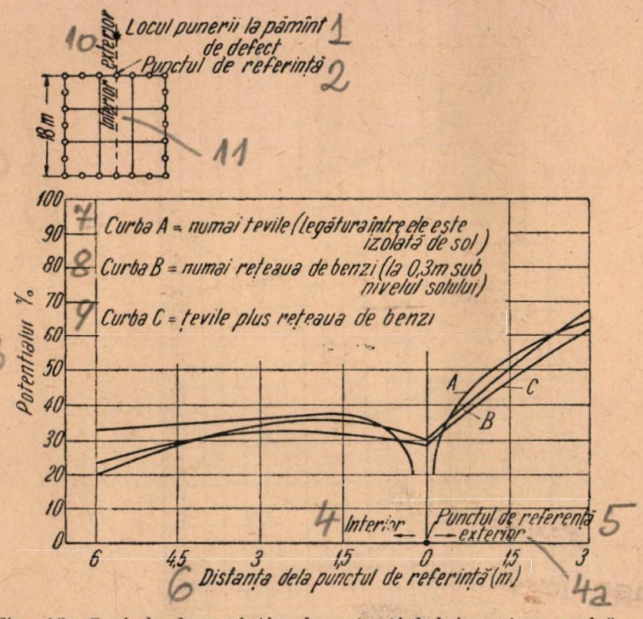


Fig. 12. Curbele de variație ale potențialului pentru o priză alcătuită din 24 țevi 1/2" și o rețea de benzi.

de priză (legătura dintre țevi s-a izolat de sol). Potențialul este indicat în procente din tensiunea totală a prizei.

In fig. 12 [3] se arată același lucru pentru o priză alcătuită din 24 țevi dispuse de-a lungul laturilor unui pătrat. In plus se indică în fig. 13 [3] și modul în care se distribuie curentul pe fiecare electrod. In ambele cazuri instalația

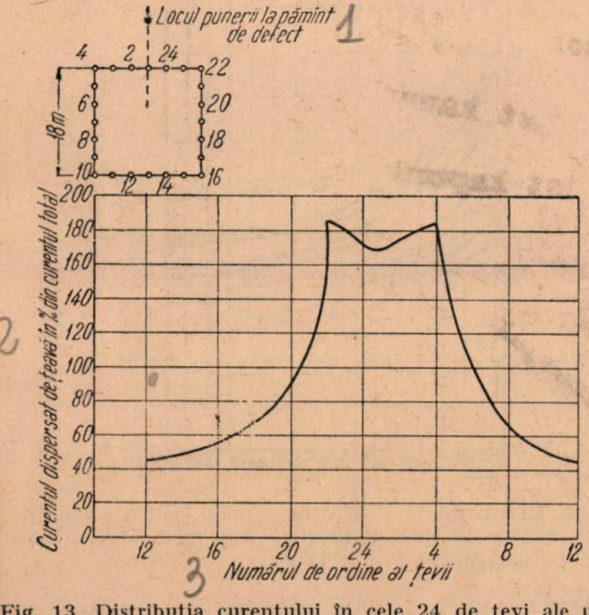


Fig. 13. Distribuția curentului în cele 24 de țevi ale unei prize în cazul unui defect.

electrică are neutrul legat la pământ prin intermediul prizei.

De fapt prescripțiile pentru construcția instalațiilor de punere la pământ limitează numai valoarea rezistenței de dispersiune astfel:

a) în rețele cu curenți mari de punere la pământ (raportul între reactanța homopolară și cea directă $\frac{x_0}{x_1} < 4 \div 5$)

— pentru instalații sub 1 000 V $R \leqslant 4\Omega$
— pentru instalații peste 1 000 V $R \leqslant 0{,}5\Omega$.

b) In rețele cu curenți mici de punere la pământ (raportul între reactanța homopolară și cea directă $\frac{x_0}{x_1} > 4 \div 5$)

— pentru instalații sub 1 000 V $r \leqslant \frac{125}{I}$
— pentru instalații peste 1 000 V $r \leqslant \frac{250}{I}$ și în orice caz $r \leqslant 10\Omega$.

Diagramele din fig. 14 [7] oferă posibilitatea stabilirii coeficientului de utilizare pentru diverse dispoziții de electrozi. Din examinarea lor se vede influența distanței între electrozi și a numărului lor. De asemenea se observă că este cu totul nejustificată mărirea acestor parametrii, dincolo de o anumită limită, ameliorările obținute fiind în acest caz neglijabile.

La dimensionarea instalațiilor de punere la pământ se recomandă a se ține seama și de influența prizelor de pământ naturale: învelișurile metalice ale cablelor, conducte metalice de apă *), structuri conductoare de orice fel îngropate în sol etc. Racordarea lor la priza de pământ propriu zisă, reduce deobicei considerabil dimensiunile acesteia din urmă. Totuși, oricît de bună ar fi priza naturală, nu se poate renunța la construirea unei prize artificiale. De exemplu, pentru instalațiile de punere la pământ din rețele peste 1 kV cu curenți mari de punere la pământ, este necesar să se prevadă în orice caz o priză avînd o rezistență de dispersiune de cel mult 1 Ω [8].

Se întîmpină în general o mare dificultate la anteevaluarea rezistenței de dispersiune a prizelor naturale. In literatură există puține elemente, pentru că este destul de greu să se dea ceva precis. Cu totul indicativ pot servi la proiectare diagramele din fig. 15 și 16 [4].

S-a presupus o rezistivitate a solului $\rho = 1{,}10^4$ Ω cm.

Pentru alte rezistivități rezultatele obținute se înmulțesc cu coeficientul α din tabela nr. 1 [4].

Tabela 1.

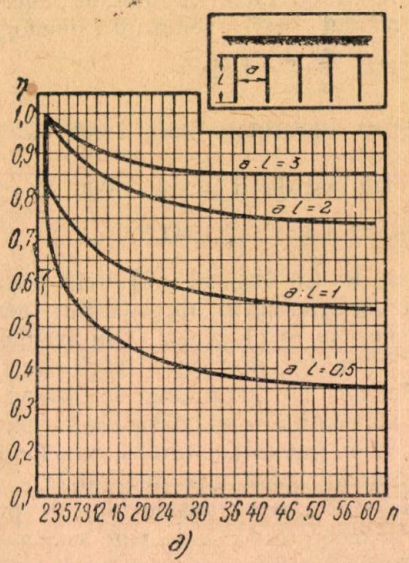
ρ Ωcm · 10^4	0,3	0,5	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5
α	0,54	0,70	0,89	1,00	1,12	1,25	1,47	1,65	1,80	2,10	2,35

*) Racordarea țevilor de apă și în general a tututor conductelor metalice la priza de pământ din instalațiile de curent continuu trebuie făcută cu mare precauție și numai cu avizul întrerpinderii respective.

Pentru cable avînd tensiuni nominale între 1 kV şi 10 kV se vor corecta valorile din fig. 16 (care corespund la tensiunea de 6 kV) cu un coeficient variind între 1,28 şi 0,86.

Rezistenţa totală (R_T) a n cable montate în acelaşi şanţ se obţine din rezistenţa unitară (R) cu ajutorul formulei :

$$R_T = \frac{R}{\sqrt{n}}.$$



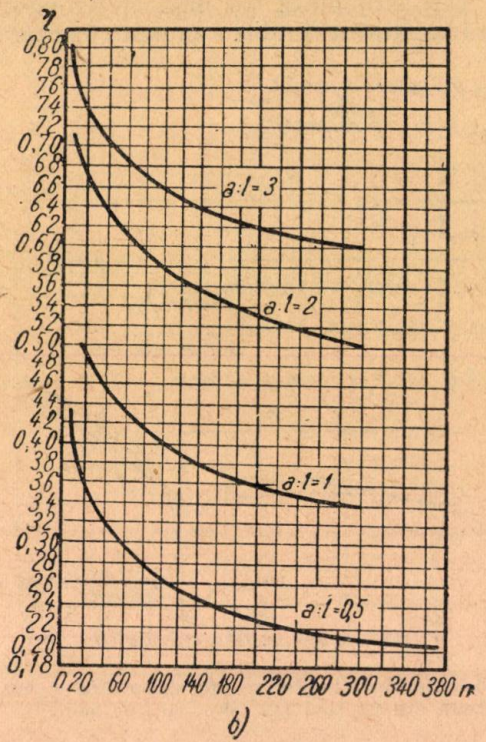


Fig. 14. Curbele de variaţie ale coeficienţilor de utilizare η la prize alcătuite din n ţevi dispuse liniar (a), sau pe un contur (b).

Mult mai util este însă ca rezistenţa de dispersiune a prizelor naturale să fie determinată prin măsurători directe, ori de cîte ori acest lucru este posibil.

Aşa cum s-a mai arătat, obţinerea numai a unei rezistenţe de punere la pămînt în limitele prescripţiilor nu oferă, în special în cazul reţelelor cu curenţi mari de punere la pămînt, suficiente garanţii de securitate a oamenilor şi animalelor. De aceea este necesar ca să se examineze întotdeauna şi harta potenţialelor corespunzătoare instalaţiei proiectate. Predeterminarea prin calcul a repartiţiei potenţialelor este aproape întotdeauna extrem de dificilă. Diagramele şi abacele construite pe baza experimentării unui mare număr de tipuri de prize multiple pot oferi în cel mai bun caz indicaţii orientative. De un mare folos s-ar dovedi însă studiile pe modele. In cazul prizelor de pămînt există condiţii avantajoase unui asemenea studiu experimental. In special este de remarcat că formulele de similitudine sînt simple.

Dacă se consideră expresiile potenţialelor

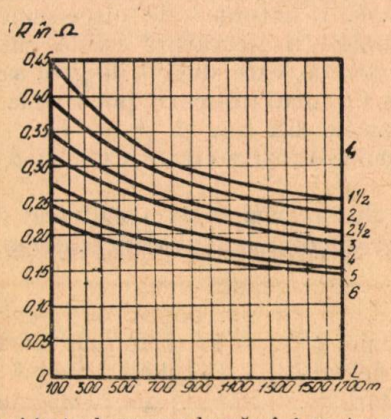


Fig. 15. Rezistenţa de punere la pămînt pentru conducte de apă de lungime L şi de diverse diametre pentru $\rho = 10^4\Omega$ cm.

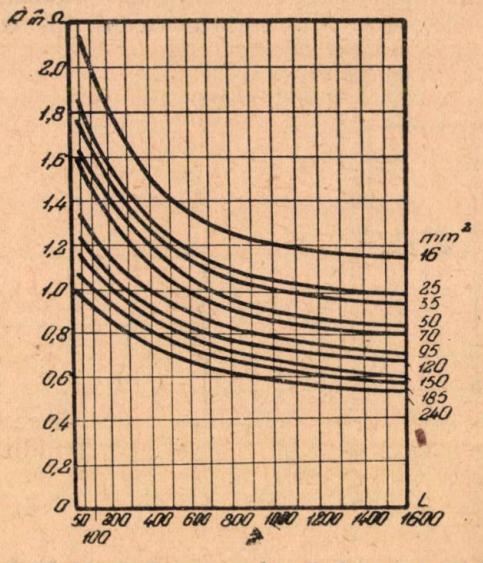


Fig. 16. Rezistenţa la punere la pămînt pentru cable trifazice de 6 kV de lungime L şi de de diverse secţiuni pentru $\rho = 10^4\Omega$ cm.

pentru diversele tipuri uzuale de electrozi se constată că sînt de forma

$$\varphi_x = k \frac{\rho I}{l} f\left(\frac{l}{x}\right)$$

unde :

ρ este rezistivitatea solului ;
I — curentul dispersat în sol ;
l — dimensiunea principală a electrodului ;
x — distanţa de la electrod la punctul considerat.

Ţinînd seama de noile valori ale parametrilor la model, potenţialul măsurat experimental va fi

$$\varphi'_x = k \frac{\rho' I'}{l'} f\left(\frac{l'}{x'}\right). \qquad (q)$$

Dacă se reduc în acelaşi raport atît dimensiunile electrozilor cît şi distanţele lor reciproce atunci

$$\varphi_x = \frac{\rho}{\rho'} \cdot \frac{I}{I'} \cdot \frac{l'}{l} \cdot \varphi'_x = K \varphi'_x . \qquad (r)$$

Avînd în vedere faptul că toată teoria dezvoltată pînă aci s-a bazat pe o serie de ipoteze simplificatoare, dintre care cea mai atacabilă este aceea a omogenităţii electrice a solului, este indispensabil ca în orice caz, după executarea prizei de pămînt, să se efectueze măsurători atente de repartiţia potenţialelor la suprafaţa solului. In zonele cu gradienţi de potenţial ridicaţi, descoperite cu această ocazie, se vor introduce electrozi suplimentari pentru aplatisarea curbelor de potenţial. De aceea măsurătorile preconizate mai sus ar trebui să preceadă în mod obligatoriu darea în exploatare a instalaţiei şi să fie de asemenea repetate la anumite intervale de timp (2—3 ani).

II. Stabilitatea termică a instalaţiei de punere la pămînt

Dispersarea în sol a curentului de punere la pămînt este însoţită de un fenomen termic. Cantitatea de căldură degajată este conform legii Joule-Lenz :

$$W = RI^2 t$$

unde :

R — rezistenţa de dispersiune a prizei ;
I — curentul de punere la pămînt ce traversează priza ;
t — durata punerii la pămînt.

Datorită acestui debit continuu de căldură, temperatura solului din vecinătate prizei va creşte. Depăşirea temperaturii de vaporizare a apei (100°C) deranjează însă în mod grav conductibilitatea electrică a solului, care este condiţionată în cea mai mare măsură de gradul de umiditate al mediului de dispersiune. Din acest motiv se poate considera temperatura de 100°C ca limita de stabilitate termică a prizei.

1. **Reţele cu curenţi de punere la pămînt de scurtă durată.** Este cazul tipic al reţelelor cu neutrul legat direct la pămînt, în care orice punere la pămînt echivalează cu un scurtcircuit monofazic care se cere a fi decontat într-un timp cît se poate de scurt. Se poate presupune că pînă în momentul întreruperii scurtcircuitului, fenomenul termic evoluiază adiabatic, întreaga cantitate de căldură pusă în joc în fiecare punct din spaţiu fiind consumată numai pentru ridicarea locală a temperaturii.

Din ecuaţia de bilanţ energetic

$$dP \cdot dt \cong c \cdot d\theta \cdot d\tau \qquad (s)$$

unde :

dP este energia produsă în elementul de volum $d\tau$ în unitatea de timp ;
$d\theta$ — variaţia de temperatură a elementului de volum $d\tau$ datorită căldurii produse local în timpul dt
c — căldura specifică locală a solului pe unitatea de volum.

se deduce :

$$d\theta = \frac{1}{c} \frac{dP}{d\tau} dt = \frac{1}{c} \rho j^2 \, dt$$

$$\theta = \int_0^{t_1} \frac{\rho}{c} j^2 dt. \qquad (t)$$

Notînd cu t_f durata fictivă a scurtcircuitului şi făcînd presupunerea unei densităţi de curent uniforme la suprafaţa S a electrodului, se deduce :

$$\theta_1 - \theta_0 = \frac{\rho}{c} \cdot \frac{I_\infty^2}{S^2} t_f \qquad (u)$$

de unde rezultă condiţia

$$S \geqslant I_\infty \sqrt{\frac{\rho t_f}{c(\theta_1 - \theta_0)}}. \qquad (v)$$

Cu valorile medii

$$c = 1{,}70 \ \frac{Ws}{cm^2}$$

$$\theta_1 - \theta_0 = 60°C$$

rezultă :

$$S \geqslant I_\infty \sqrt{\rho t_f \cdot 10^{-4}} \qquad (w)$$

S în m^2 ; I în A ; ρ în Ω m ; t_f în s.

In cazul prizelor trebuie să se ţină seama de distribuţia neuniformă a curentului pe electrozi astfel că relaţia devine în definitiv.

$$S \geqslant \alpha I_\infty \sqrt{\rho t_f \cdot 10^{-4}}. \qquad (x)$$

Conform, prescripţiilor în vigoare $\alpha = 1{,}2$.

2. **Reţele cu curenţi de punere la pămînt de lungă durată.** In această categorie intră reţelele cu neutrul izolat sau cu bobină de stingere. Punerea la pămînt putînd dura un timp îndelungat, fenomenul de încălzire se poate dezvolta pînă la atingerea stării de regim termic. După stabilirea cîmpului de temperatură (invariabil în timp) orice cantitate de căldură produsă nu mai serveşte la ridicarea temperaturii solului, ci este în întregime evacuată.

Ecuaţia de bilanţ energetic.

$$dP \cdot dt = c d\theta d\tau + \operatorname{div} q d\tau \, dt$$

unde :

$q = \frac{dQ}{ds \cdot dt} = -\lambda \frac{d\theta}{dx}$ este cantitatea de căldură care traversează normal, în unitatea de timp, unitatea de suprafaţă (λ fiind coeficientul de conductibilitate) ;

$\operatorname{div} Q$ — productivitatea curentului de căldură pe unitatea de volum

se mai poate scrie :

$$c = \frac{d\theta}{dt} + \operatorname{div} q = \frac{dP}{d\tau} = \frac{1}{\rho} E^2. \qquad (y)$$

După atingerea stării de regim termic $\frac{d\theta}{dt} = 0$ şi deci

$$\operatorname{div} q = \frac{1}{\rho} E^2$$

sau :

$$\Delta\theta = -\frac{1}{\rho\lambda} E^2 \qquad (z)$$

care este ecuaţia fundamentală a regimului stabilizat.

Se poate arăta [8] că între potenţialul prizei şi creşterea de temperatură de la starea iniţială la starea de regim termic există relaţia :

$$\varphi_0 \leqslant \sqrt{2\,(\theta_{max} - \theta_i)\,\lambda\rho} \qquad (zs)$$

valabilă pentru orice tip de priză.

Prin urmare asigurarea condiţiei de stabilitate termică se obţine în acest caz prin limitarea potenţialului prizei la o anumită valoare (independentă de dimensiunile ei).

Prescripţiile de punere la pământ fixează următoarele valori pentru potenţialul prizelor la care se poate atinge starea de regim termic.

a) pentru instalaţii peste 1 000 V $\varphi_0 \leqslant 250$ V ;

b) în reţele în care pământul serveşte drept conductor de fază, de întoarcere sau de nul, cu trecere îndelungată a curentului prin pământ ;

— pentru funcţionare normală (de exemplu în sistemul 2 faze — pământ) : $\varphi_0 \leqslant 50$ V ;

— pentru funcţionare întîmplătoare (de exemplu în cazul în care pământul serveşte drept conductor de nul) : $\varphi_0 \leqslant 100$ V.

Verificarea condiţiei de stabilitate termică este în special obligatorie pentru aceste din urmă categorii de instalaţii, la care ea este de obicei mai grea decît cea pentru asigurarea unei repartiţii nepericuloase de potenţiale la suprafaţă solului.

In plus este necesar să se verifice şi secţiunile conductorilor de punere la pământ a căror temperatura nu trebuie să depăşească ;

— pentru prizele din reţele cu curenţi mari de punere la pământ . . . . . 600°C

— pentru prizele din reţelele cu curenţi mici de punere la pământ . . . . . 150°C (în aer)
100°C (în pământ)

III. Prizele aparatelor pentru protecţia contra supratensiunilor atmosferice

Solicitările la care pot fi supuse instalaţiile electrice, ca urmare a acţiunii supratensiunilor atmosferice, face necesară adoptarea în acest scop a unui ansamblu de dispozitive de protecţie (paratrăsnete, fire de gardă, eclatori, descărcători, etc). In principiu, cu toate aceste dispozitive se obţine o descărcare la pământ a sarcinii electrice aparţinînd undei de supratensiune. Eficacitatea protecţiei astfel realizate depinde evident de calitatea legăturii cu pământul. Condiţia impusă prizei de pământ este ca la trecerea curentului de trăsnet, potenţialul maxim care apare să nu depăşească valorile dictate de nivelul de izolaţie ce trebuie asigurat.

Cu alte cuvinte, se limitează mărimea rezistenţei de dispersiune determinată de un anumit curent de trăsnet prescris. Astfel se indică [10] pentru rezistenţele prizelor de pământ valorile :

— pentru suporţii liniilor aeriene cu conductori de protecţie . . . . . $R \leqslant 10\Omega$

— pentru paratrăsnetele din staţiile de 20÷35 kV $R \leqslant 25\Omega$ etc.

Curentul de şoc care străbate priza se caracterizează prin amplitudinea sa foarte mare (zeci de mii de kA) şi printr-o durată extrem de scurtă (cîteva μs). De aici decurg o serie de consecinţe :

a) Influenţa amplitudinii curentului de şoc : conductibilitatea electrică a solului se consideră de natură ionică pentru valorile obişnuite ale curenţilor de punere la pământ. Acest lucru este valabil în cazul cîmpurilor relativ reduse. La scurgerea supratensiunilor atmosferice curenţii de dispersiune fiind cu mult mai importanţi, intensitatea cîmpurilor electrice poate atinge valori ridicate. Din acest motiv fenomenul de conductibilitate se modifică prin apariţia arcurilor electrice. S-a constatat că descărcările între particulele solurilor argiloase încep pentru gradienţi de potenţial de 1—2 kV/cm, mult inferior tensiunilor de străpungere (5 kV/cm pentru soluri nisipoase, 7 kV/cm pentru soluri argiloase). Ca urmare rezistenţa de dispersiune în regim de şoc (R_i) este ceva mai mică decît rezistenţa (R) în regimul staţionar examinat în capitolele precedente.

$$R_i = \alpha_i R.$$

Coeficientul de şoc (α_i) variază cu rezistivitatea solului (cu cît rezistivitatea solului este mai proastă cu atît rezistenţa de şoc este mai mică, deoarece se ating mai uşor valorile de cîmp critice), şi cu mărimea curentului de şoc (scade pe măsura creşterii curentului de şoc).

b) Influenţa duratei de variaţie a curentului de şoc se resimte în importanţa pe care o capătă inductanţa reţelei de punere la pământ. Densitatea curentului dispersat în sol scade mult cu cît ne depărtăm de punctul de injecţie a curentului în priză. Diagrama din fig. 17 [5] este concludentă în acest scop.

Rezultă de aici inutilitatea folosirii unor prize de pămînt intinse pentru scurgerea supratensiunilor atmosferice.

Corecţia necesară pentru influenţa inductivităţii se obişnuieşte a se îngloba în coeficientul de şoc α_i, definit mai sus. Ea este specifică fiepentru prizele de pămînt în regim staţionar. Repartiţia de potenţiale la suprafaţa solului nu interesează, dată fiind durata scurtă de trecere a curentului; singurul parametru care trebuie obţinut în limitele prescripţiilor este rezistenţa de dispersiune.

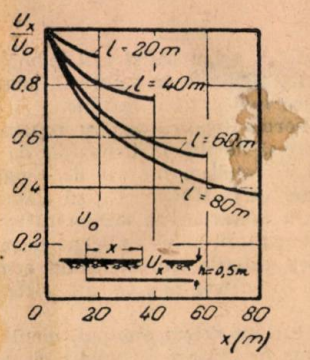


Fig. 17. Repartizarea potenţialului de-a lungul unui cablu de oţel în sol nisipos. Unda curentului 3/25μs, I_{max} = 2 300 A.

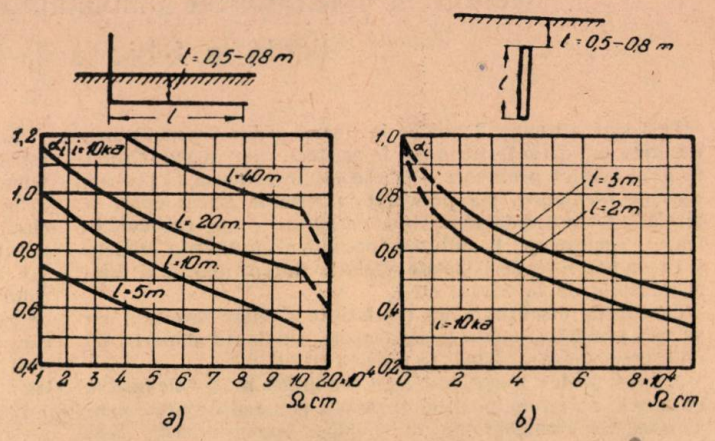


Fig. 18. Curbele de variaţie ale coeficientului de impuls α_i la un curent de şoc de 10 kA pentru benzi (*a*) şi ţevi (*b*) de diferite dimensiuni.

cărui tip de priză. In fig. 18 [6] se dau ca exemplu curbele de variaţie ale coeficientului de şoc α_i pentru benzi şi ţevi de diferite dimensiuni corespunzătoare unui curent de şoc de 10 kA.

Este necesar să se sublinieze de asemenea că dispersiunea curenţilor de trăsnet se concentrează în straturile superioase ale solului, ceea ce are ca urmare o înrăutăţire a fenomenului de ecranare, despre care s-a vorbit cu ocazia prizelor multiple. Deşi este foarte greu să se evalueze cu precizie cu cît scade coeficientul de utilizare al acestor prize, se recomandă a se rediuce cu ≈20% coeficienţii de ecranare deduşi pentru regimul staţionar.

Ţinînd seama de observaţiile de mai sus, dimensionarea prizelor de pămînt destinate aparatajului de protecţie contra supratensiunilor atmosferice se efectuează după reţetele arătate

Bibliografie:

[1] *Ollendorf F.*: Curenţii de pămînt, Springer, Berlin, 1928.
[2] *Margolin F.*: *N.* Curenţii din pămînt, E.E.S., Bucureşti 1953.
[3] *Armstrong R. H.*: Determinarea caracteristicilor electrozilor de punere la pămînt prin încercări pe modele, Transaction of AIEE (III), New-York, 1953.
[4] *Korolikova V. I.*: Securitatea în instalaţiile electrice din întreprinderile industriale, G.I.O.P., Moscova, 1951.
[5] *Stekolnicov S. I.* ş.a.: Protecţia clădirilor şi construcţiilor industriale împotriva trăsnetului, I A N, Moscova, 1951
[6] *Dolghinov I. A.*: Protecţia instalaţiilor electrice contra trăsnetului, G. E. I., Moscova, 1954.
[7] *Baptidanov* şi *Tarasov*: Echipamentul electric al centralelor şi instalaţiilor, GEI, Moscova, 1951.
[8] *Voinea D.*: Stabilitatea termică a instalaţiilor de punere la pămînt, Energetica, nr. 1, Bucureşti, 1954.
[9] M.E.E.—D.G.T.: Prescripţii pentru construcţia punerilor la pămînt, E.E.S., Bucureşti, 1954.
[10] M.E.E.: Prescripţiile pentru protecţia instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice, E.E.S. 1953.

★

РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТАНОВОК

Резюме

Рассматриваются главные критерии по расчету заземлителей в электроустановках. Настаивается в особенности на теоретических и экспериментальных методах, менее известных, по обеспечению безопасного распределения потенциала на поверхности земли.

В продолжение подчеркивается необходимость проверки термической устойчивости и поведения в импульсном режиме.

Relativ la consfătuirea „Imbunătăţirea factorului de putere" ţinută la Sibiu la 4—5 iulie, 1953

Deşi sînt aproape 2 ani de la ţinerea acestei consfătuiri, rezultate importante nu s-au înregistrat. S-a discutat mult în jurul acestei probleme — la consfătuire şi după aceia — s-a scris de asemenea, s-a prelucrat materialul documentar şi rezoluţia de la consfătuire. Uşoare progrese — ca preocupare reală — remarcăm în industria petroliferă, industria minieră şi cîteva întreprinderi izolate (Uzinele Independenţa şi Flamura Roşie de la Sibiu, etc.).

Concluziile discuţiilor din consfătuire şi chiar rezoluţia nu au fost urmărite, unele departamente rămînînd departe de orice preocupare serioasă în această privinţă.

A lipsit, pe de o parte, realizarea condiţiilor materiale pentru trecerea la o acţiune pozitivă şi reală şi pe de altă parte, convingerea departamentelor, în a obliga întreprinderile să-şi mobilizeze toate resursele interne de ordin tehnic şi material, pentru punerea în practică cel puţin a măsurilor tehnice şi organizatorice, pentru îmbunătăţirea naturală a factorului de putere.

Problema trebuie reluată cu hotărîre, în lumina ultimelor măsuri iniţiate.

a) Prin H.C.M. 188/1955, se înfiinţează tarif penalizator — începînd de la 1 ianuarie 1956 — pentru întreprinderile consumatoare cu un factor de putere sub 0,75 şi bonificaţii pentru factor de putere superior.

Tariful penalizator este progresiv, ajungînd pentru un factor de putere 0,5 — destul de frecvent astăzi la 60% peste tariful normal.

b) S-a hotărît ca pentru comenzile de motoare electrice, începînd de la 100 kW, să nu se mai admită construcţie „asincronă", decît în cazuri bine justificate, tendinţa fiind a se executa motoare „sincrone", respectiv „asincron-sincronizate".

Este de remarcat că dacă s-ar fi pus în aplicare sarcinile prevăzute în rezoluţia consfătuirii, succesul hotărîrilor de astăzi ar fi fost asigurat.

Fără îndoială însă că aceste măsuri vor scoate la iveală rezerve nebănuite.

Este necesar însă, ca să se ridice la un nivel tehnic corespunzător rezolvarea problemei factorului de putere, asigurînd perspectivele unei îmbunătăţiri progresive în anii viitori, să se aducă la îndeplinire măsurile preconizate la consfătuire şi anume:

a) *Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice*:

1. Să fabrice instrumentele de măsură necesare (contori trifazaţi de energie reactivă şi activă, watmetre, varmetre, voltmetre portative, cleşti ampermetri, inductoare etc.). Se fabrică astăzi în ţară maşini electrice de puteri mari, întrerupătoare automate de joasă şi înaltă tensiune, transformatori, etc. însă aparatajul de măsură necesar bunei exploatări a acestor utilaje, nu se fabrică.

2. Să pună în studiu şi fabricaţie, instalaţii de sincronizare a motoarelor asincrone, să îmbogăţească sortimentele de compensatori sincroni şi de excitatrice trifazate fără stator.

In acest scop, cu concursul departamentelor industriale, să stabilească domeniile de utilizare şi gamele de puteri necesare.

3. Să termine studiul condensatorilor de forţă şi să procedeze la fabricarea semiindustrială a lor.

4. Să producă echipamente electrotehnice cu un factor de putere ridicat.

5. Să organizeze ateliere pentru repararea în bune condiţiuni a utilajului electrotehnic, pe lîngă uzinele constructoare.

De asemenea, să organizeze confecţionarea de piese de rezervă, pentru a evita improvizaţiile necorespunzătoare.

In plus, să organizeze verificarea modului de exploatare a utilajelor electrotehnice, în cadrul întreprinderilor industriale şi să controleze modul în care se repară utilajele electrotehnice, în atelierele de reparaţii ale întreprinderilor.

Să se dea atenţie asigurării sîrmei de bobinaj de caracteristicile cerute de atelierele de reparaţii, pentru a se evita schimbarea datelor înfăşurărilor iniţiale.

Să elaboreze norme tehnice pentru reparaţia utilajelor electrotehnice, care să fie puse la dispoziţia departamentelor industriale, care au ateliere proprii de reparaţie.

6. Inspecţia energetică M.E.E.I.E., să elaboreze instrucţiuni de aplicare a măsurilor de îmbunătăţire a factorului de putere la consumatorii industriali, pe baza unui studiu care să stabilească valorile echivalentului economic al puterii reactive, în diferitele puncte ale sistemului şi reţelelor electrice.

7. Să se elaboreze un sistem premial, menit să stimuleze acţiunile ce se duc în vederea raţionalizării consumului de energie electrică activă şi reactivă.

8. I.S.P.E.-ul, ca şi toate celelalte institute de studii şi proiectări energetice şi industriale, să ţină seama la elaborarea proiectelor, de necesitatea realizării unui factor de putere cît mai bun, prin toate mijloacele posibile, în fiecare caz în parte. Orice proiect elaborat, să aibă un capitol special pentru problema factorului de putere, obligîndu-se la anumite performanţe.

9. Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice să studieze şi să realizeze un plan de măsuri şi pentru centralele, staţiile, şi reţelele proprii, care să conducă la îmbunătăţirea factorului de putere în sisteme.

Cu aceste măsuri, s-ar putea creia condiţii de viaţă pentru H.C.M.-ul 188/1955, punînd la dispoziţia consumatorilor industriali, mijloacele materiale, experienţa şi directivele de conducere tehnică din partea Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice.

b) *Departamentele Industriale*:

Pe baza H.C.M.-ului 188/1955, departamentele industriale trebuie să pună în practică toate măsurile tehnice şi organizatorice, în scopul îmbunătăţirii factorului de putere. Vor fi cazuri, cînd unele măsuri ar putea conduce la concluzii nerentabile pentru întreprinderea respectivă, dar din punct de vedere al economiei naţionale, ele trebuie impuse.

In general, departamentele trebuie să ia următoarele măsuri, în concordanţă cu hotărîrea consfătuirii:

1. Să analizeze situaţia energetică a întreprinderilor din punct de vedere al factorului de putere, stabilind situaţia existentă, cu concursul întreprinderilor de electricitate şi al inspecţiei energetice locale.

2. Să generalizeze aplicarea limitatorilor de mers în gol, la toate utilajele unde acestea pot fi aplicate.

3. Să identifice motoarele electrice şi transformatorii supradimensionaţi pentru sarcina reală şi să-i înlocuiască folosind rezervele interne în cadrul întreprinderii şi departamentului şi completînd cu utilaje noi, acolo unde va fi necesar.

4. Să raţionalizeze sistemul de reţele de distribuţie şi utilizare, avînd în vedere condiţiile de circulaţie a puterii active şi reactive.

5. Să urmărească permanent, ca agregatele mecanice să fie încărcate cît mai aproape de sarcina maximă admisibilă, asigurînd un coeficient de încărcare cît mai ridicat pentru motoarele de antrenare.

6. Să se asigure o conducere tehnică corespunzătoare atelierelor de reparaţii de utilaje electrotehnice, urmărindu-se normele de reparaţii, care să evite o scădere a factorului de putere iniţial.

In fişa tehnică a fiecărui utilaj electrotehnic reparat, să se treacă precis în ce a constat reparaţia şi modificările făcute faţă de construcţia iniţială sub răspunderea conducătorului tehnic al atelierului.

Calificarea corespunzătoare a muncitorilor din atelierele de reparaţii, să fie asigurată pe baza unui plan de şcolarizare.

7. Să se stabilească domeniile de utilizare ale motoarelor sincrone sau asincrone — sincronizate — pe fiecare ramură industrială — şi să se stabilească gamele de puteri ce trebuie însuşite de industria electrotehnică.

Această lucrare să nu fie lăsată la latitudinea fiecărui energetic de întreprindere, ci să fie coordonată de un for competent.

8. Pe baza unor studii şi proiecte tehnice — nu la libera apreciere a energeticilor industriali — să se monteze toţi condensatorii de forţă existenţi la întreprinderi.

9. Să se ţină o evidenţă sistematică şi permanentă a valorilor factorului de putere, atît pentru întreaga întreprindere, cît şi în diverse secţii, subunităţi sau şantiere.

Atîta vreme cît ne vom rezuma numai la consideraţii şi recomandări, fără a asigura condiţiile tehnice şi materiale, un progres efectiv nu se va realiza.

Ing. **T. Comănescu**

RECENZII

S. G. BLANTER: Substaţii automate de tracţiune. Editura Ministerului Gospodăriei Comunale RSSFR (trad. EES 1955).

Problema automatizării în general a preocupat pe energeticienii ruşi în decursul secolului trecut începînd încă de la regulatorul de tensiune al lui Lenz şi Iacobi şi regulatorul diferenţial pentru lămpile electrice cu arc ale lui V. I. Cikolev. Cercetări teoretice în domeniul teoriei reglajului au fost făcute de savanţii ruşi I. A. Vîjnegradski şi P. L. Cebîşev, la teoria reglajului automat şi a stabilizării au lucrat savanţii N. E. Jukovski, N. M. Liapunov şi A. N. Krîlov iar lucrările lui K. I. Konstantinov şi A. P. Davîdov se caracterizează prin idei noi şi propuneri originale în acest domeniu relativ nou al tehnicii.

In cartea docentului S. G. Blanter, sînt descrise cele mai noi tipuri de substaţii automatizate de tracţiune pentru tramvaie şi troleybuze precum şi legătura dintre soluţiile adoptate pentru aceste substaţii şi noile principii de alimentare cu energie electrică a reţelelor de tracţiune.

Autorul descrie în lucrarea de faţă, pentru tehnicieni şi ingineri aparatele şi dispozitivele utilizate, construcţia lor, schemele etc.

Lucrarea este alcătuită din 7 capitole. In primul capitol sînt tratate substaţiile de tracţiune în sistemul de alimentare cu energie electrică a reţelei de tracţiune. După noţiunile introductive necesare pentru o intrare justă în problemă, sînt descrise numărul staţiilor, puterea lor şi legătura lor cu parametrii celorlalte elemente ale alimentării cu energie electrică a instalaţiilor de tracţiune; se descriu apoi substaţiile de tracţiune şi alimentarea descentralizată a acestora

Elementele automatizate şi sistemele de automatizare sînt tratate în capitolul al doilea. In acest capitol sînt date caracteristicile generale ale substaţiilor automate, datele generale privind aparatajul de automatizare, releele electromagnetice şi cele termice, comutatorii rotativi căutători, motoarele sincrone cu histerezis, dispozitivele de reanclanşare automată şi în general aparatajul universal şi ansamblurile de comandă automată. Se dau în acest capitol schemele de conexiune electrică ale circuitelor secundare cum şi notaţiile convenţionale în schemele instalaţiilor de automatizare.

In capitolul al treilea intitulat „Agregatele convertizoare" se tratează despre aceste agregate şi se dau date tehnice ale redresoarelor cu vapori de mercur, schemele de alimentare ale acestor redresoare cum şi datele tehnice ale transformatoarelor fabricate de uzinele sovietice „Uralelektroaparat". Mai este apoi tratată şi protecţia agregatelor convertizoare şi comanda automată a dispozitivelor de menţinere a temperaturii şi vidului la valorile lor normale. Capitolul cuprinde şi scheme generale de comandă, protecţie şi semnalizarea a agregatelor automatizate.

Fiderii de alimentare a reţelelor de tracţiune şi instalaţiilor de distribuire de 600 V formează obiectul capitolului IV. Autorul descrie curentul de scurtcircuit pe partea de 600 V, sistemele de protecţie la fidere şi în instalaţiile de distribuţie şi dă apoi schema de comandă, protecţie şi semnalizare a fiderului, de 600 V al substaţiei cu telecomandă automată.

Capitolul al V-lea tratează în cadrul instalaţiilor auxiliare ale substaţiilor despre alimentarea serviciilor auxiliare, sursele independente, agregatele pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare, convertizoare pentru alimentarea solenoizilor de anclanşare, instalaţiile de alimentare cu apă a sistemelor de răcire a redresoarelor, încălzirea electrică etc. Instalaţiile de telemecanizare sînt tratate cu caracteristicile lor generale şi sistemul de telecomandă, telesemnalizare şi telemecanizare în capitolul următor.

In capitolul final se dau schemele circuitelor primare ale conexiunilor electrice ale instalaţiilor de distribuţie de 6—10 kV; schemele conexiunilor electrice ale agregatelor de redresare cu vapori de mercur, ale instalaţiilor de distribuţie de 600 V, ale instalaţiilor de alimentare pentru serviciile auxiliare, amplasarea echipamentului, elementele specifice substaţiei, construirea instalaţiilor de distribuţie, instalaţiile agregatelor de redresoare cu vapori de mercur şi montarea instalaţiilor de alimentare a serviciilor auxiliare.

O serie de planşe mari însoţesc lucrarea şi lămuresc diferitele puncte ale ei dînd planuri, secţiuni, scheme de conexiune pentru substaţiile cu telecomandă automată etc.

O bibliografie bogată şi aproape 120 figuri îmbogăţesc lucrarea şi dau celor care o consultă numeroase indicaţii deosebit de preţioase, sistematizate de către un specialist în materie.

Intr-un volum nu prea extins, lucrarea oferă mijlocul de a studia schemele şi construcţiile celor mai noi tipuri de substaţii automate de tracţiune pentru tramvaie şi troleybuze, cum şi echipamentul electric special pentru aceste substaţii, automate de tracţiune.

Noţiunile teoretice fundamentale privind instalaţiile de automatizare şi telemecanizare sînt date cît mai concentrat însoţite fiind de metode de calcul pentru alegerea echipamentului principal.

Personalul tehnic al staţiilor, inginerii şi tehnicienii cum şi muncitorii calificaţi din sistemele de alimentare cu energie electrică a transportului electric urban găsesc un ajutor puternic în specificul muncii lor în lucrarea recenzată aci. Cartea este utilă prin conţinutul ei şi prin modul ei de prezentare sistematic şi concis şi studenţilor care se specializează în acest domeniu al substaţiilor şi în cele înrudite cu el din transporturi, energetică generală, etc.

R. I.

N. S. JDANOVSKI, I. M. KOVALEV, V. P. HASCINSKI
„Centrale termoelectrice rurale" Traducere din limba rusă, Editura Energetică de Stat 1955,

Dezvoltarea electrificării în U.R.S.S. permite alimentarea unei părţi însemnate a consumatorilor agricoli de la centralele electrice mari, raionale, regionale, urbane precum şi din sistemele energetice, cu ajutorul staţiilor de transformare. Pe de altă parte construirea centralelor electrice rurale măreşte baza electroenergetică, punînd în serviciul energeticii sursele locale care nu pot fi folosite în marile sisteme energetice: riurile mici, treptele de comunicaţie între canalele de irigaţie, energia vîntului, cărbunii locali de calitate inferioară, turba, şisturile bituminoase, deşeurile agricole şi forestiere etc.

Comasarea colhozurilor permite folosirea mai complexă şi pe scară mai mare a surselor locale de energie.

In domeniul hidrotehnic, folosirea surselor de apă pentru electrificarea rurală este soluţionată cu alte sarcini privînd gospodărirea apelor: alimentarea cu apă, irigaţia, ameliorarea navigaţiei locale, piscicultura, creşterea păsărilor de apă etc.

In ce priveşte centralele termoelectrice rurale, folosirea turbei drept combustibil trebuie de asemenea legată şi de alte utilizări ale turbei, de exemplu ca îngrăşămînt agricol (vase nutritive pentru plante etc.).

In U.R.S.S. statul acordă un sprijin material substanţial pentru construirea centralelor electrice rurale, suportînd nu numai cheltuielile execuţiei dar şi ale exploatării centralelor de putere mai mare de 200 kW. Centralele electrice rurale mai mari formînd astfel o reţea de stat, vor fi racordate la marile reţele ale sistemelor energetice de stat.

Interconectarea centralelor termioelectrice şi hidroelectrice în vederea funcţionării lor în paralel permite o folosire mai completă a puterii totale a sistemului, măreşte producţia de energie electrică, reduce preţul de cost, duce la o economie de combustibil, micşorează volumul puterii de rezervă necesară şi măreşte siguranţa în ce priveşte alimentarea cu energie.

Deşi costul unei centrale hidroelectrice (CHE) este mai ridicat decît al unei centrale termoelectrice (CTE), totuşi investiţia se recuperează foarte repede, deoarece costul energiei electrice produsă de CHE este mult mai mic decît costul energiei produse de CTE, sursele de energie hidraulică fiind necontenit reînoite de natură şi astfel practic inepuizabile. Construirea CHE economiseşte pe de altă parte cantităţi imense de combustibil şi totodată face posibilă şi realizarea altor sarcini de gospodărire a apelor. Deaceea centralele termoelectrice agricole se execută aproape exclusiv acolo unde nu se poate folosi o sursă de energie hidraulică.

Trebuie însă relevat că, deşi cantitatea de energie electrică produsă de CHE creşte permanent, totuşi CTE continuă să aibă un rol foarte important în alimentarea cu energie electrică a gospodăriilor agricole de diferite categorii.

In cadrul preocupărilor de electrificare rurală, Editura pentru literatura agricolă (Selhozghiz) printre lucrările referitoare la electricitate şi la aplicările ei în agricultură cum şi la lucrările de construcţie, montaj şi exploatarea CTE şi CHE, publică lucrarea „Centrale termoelectrice rurale", în care sînt date noţiunile generale asupra CTE rurale, sînt descrise pe scurt instalaţiile cu abur şi gaze precum şi partea electrică a centralelor menţionate.

După o introducere în care sînt date elemente de dezvoltare istorică a electrificării în U.R.S.S., de la planul GOELRO şi pînă în prezent, autorii dau în prima parte a lucrării noţiunile generale despre centrale termoelectrice. Sînt descrise tipurile de centrale, amenajarea lor, alimentarea cu combustibil şi cu apă de răcire etc. Se arată care este amplasarea şi planul general al CTE, se dau curbele de sarcină zilnică a CTE pentru diferitele condiţii şi se arată indicii principali de funcţionare.

Partea a doua tratează instalaţiile de forţă ale CTE cu abur. Autorii dau schemele termice şi instalaţiile centralei cu abur, echipamentul principal şi instalaţiile auxiliare precum şi amplasarea instalaţiilor; se dă atenţie deosebită regulilor de amenajare şi de tehnica securităţii.

Descrierea instalaţiilor de gaze şi forţă ale CTE formează obiectul părţii a 3-a a lucrării. Se tratează gazeificarea combustibilului solid, se dau scheme de funcţionare a instalaţiilor de gaze şi de forţă a centralelor; se arată cum se poate face trecerea motoarelor cu ardere internă de la combustibil lichid la gaze. In această parte se dau şi detalii privind combustibilul pentru acest fel de centrale şi se arată măsurile de tehnica securităţii pentru prevenirea incendiilor.

Partea a 4-a se referă la echipamentul electric al CTE. Sînt descrise aci generatoarele electrice, transformatoarele, aparatajul de joasă tensiune şi de înaltă tensiune, aparatajul de măsurat precum şi protecţia prin relee.

Lucrarea cuprinde o parte finală compusă din capitole separate şi tratînd despre schemele de conexiuni ale CTE rurale, instalaţiile de distribuţie şi serviciul intern al CTE, legarea la pămînt, protecţia contra supratensiunii, etc. Se dă documentaţia pentru executarea centralelor termoelectrice. Ca şi părţile precendente, partea finală se încheie cu prescripţii ample de tehnica securităţii în instalaţiile electrice rurale.

Textul curgător, numeroasele figuri, scheme, grafice etc. fac însuşirea mai uşoară a acestuia material de nivel tehnic prezentat într-o formă succintă, uşor accesibilă.

Scrisă pentru tehnicienii din centralele electrice rurale, pentru electromontorii rurali, ca un ajutor pentru electrificatorii rurali cartea este de folos pentru oricare cititor a cărui acitivitate se desfăşoară în domeniul electrificării agriculturii.

Országos Mázalat Könyvtár TULAJDONA

REVISTA „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice * Redacţia: Bucureşti, str. Ioan Ghica nr. 3. Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 ii 3.07.30 * Administraţia şi Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raionul I. V. Stalin* Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 * Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale de la oraşe şi sate, prin factorii poştali la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi la *sediul Redacţiei din str. Ioan Ghica nr. 3* Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30* anual; Preţul unui exemplar: lei 5.

ANUNȚ

pentru abonații noștri!

Abonamentele contractate pe 6 luni (1 ianuarie—31 iunie) expiră cu acest număr.

Prelungiți abonamentele dvs. prin oficiile poștale din întreaga țară, sau la sediul redacției *str. I. Ghica nr. 3 București, telef. 3-57-28, 3-07-30, cont virament B. R. P. R. 070.004 Filiala I. V. Stalin, București.*

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

publică pentru documentarea muncitorilor, tehnicienilor şi inginerilor traducerile integrale, în limba romînă, ale revistelor sovietice

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

CENTRALE ELECTRICE

(ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ)

Traducere din limba rusă

EDITURA ENERG

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ENERGETICIANUL

(ЭНЕРГЕТИК)

Traducere din limba rusă

ETICĂ DE STAT

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

ELECTRICITATEA

(ЭЛЕКТРИЧЕСТВО)

Traducere din limba rusă

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1 9 5 5

ABONAMENTELE SE PRIMESC LA

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

BUCUREŞTI, B-DUL G-RAL MAGHERU, 33

Lei 5

KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

7

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

S U M A R

G. Hercz: Normele tehnice ale unei centrale termoelectrice cu abur, condiția primară a introducerii gospodăriei chibzuite 297

H. Furtunescu: Protecția contra coroziunii în instalațiile de epurare chimică a apei din centralele electrice 306

M. Heitner: Determinarea racordării pereților în interiorul camerelor termostat 308

Gh. Stănescu: Calculul puterii de scurtcircuit prin metoda condensatorilor fictivi 310

E. Constantinescu: Dispozitive feromagnetice folosite pentru măsurarea curenților de trăsnet . . 315

A. Filotti: Considerații asupra calculului static al galeriilor de aducțiune cu cămășuială de beton simplu armat 321

SCHIMB DE EXPERIENȚĂ

T. Iliescu: Reducerea consumului specific de combustibil într-o centrală termoelectrică cu abur prin ameliorarea circuitului termic existent 331

S. Dulberg: Utilizarea oțelului la instalații electrice interioare 334

PENTRU NOILE CADRE

V. Popescu: Studiul transmisiei căldurii prin convecție și radiație în regim tranzitoriu 336

RECENZII 344

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Херц. Технические нормы паровой ТЭС— первичное условие хозрасчета 297

Х. Фуртунеску: Противокоррозийная защита в установках химической очистки воды на электростанциях 306

М. Хайтнер: Определение сопряжении стен внутри термостатных камер 308

Г. Стэнеску: Расчет мощности короткого замыкания методом фиктивных конденсаторов 310

Э. Константинеску: Ферромагнитные приспособления используемые для измерения молниевых токов 315

А. Филотти: Соображения о статическом расчете напорных галлерей с бетонной ординарно армированной обшивкой . . . 321

ОБМЕН ОПЫТОМ

Т. Илиеску: Снижение удельного расхода топлива на одной паротеплоэлектростанции посредством улучшения существующей тепловой схемы 331

С. Дулберг: Применение стали в внутренних электроустановках 334

НОВЫМ КАДРАМ

В. Попеску: Исследование теплопередачи конвекцией и радиацией в переходном режиме 336

РЕЦЕНЗИИ 344

SOMMAIRE

G. Hercz: Les normes techniques d'une centrale thermoélectrique à vapeur, condition primaire d'une exploitation rationelle 297

H. Furtunescu: La protection contre la corrosion dans les installations d'épuration chimique de l'eau des centrales électriques . . 306

M. Heitner: La détermination du raccord des parois dans l'intérieur des chambres-thermostat 308

G. Stănescu: Le calcul de la puissance de court-circuit par la méthode des condensateurs fictifs 310

E. Constantinescu: Dispositifs ferromagnétiques utilisés pour la mesure des courants produits par les décharges électriques . . 315

A. Filotti: Considérations sur le calcul statique des galeries d'adduction à chemise en béton armé simple 321

ECHANGE D'EXPERIENCE

T. Iliescu: La réduction de la consumation spécifique de combustible dans une centrale thermoélectrique à vapeur par l'amélioration du circuit thermique existant 331

S. Dulberg: L'utilisation de l'acier dans les installations électriques 334

POUR LES NOUVEAUX CADRES

V. Popescu: L'étude de la transmission de la chaleur par convection et radiation en régime transitoire 336

RECENSIONS 344

E2039
d

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 7 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.67.28

Országos Mázeti Könyvtár TULAJDONA

Normele tehnice ale unei centrale termoelectrice cu abur, condiţia primară a introducerii gospodăriei chibzuite

Ing. G. HERCZ

In această lucrare se încearcă să se formuleze normele de consum şi normele calitative cele mai importante, necesare introducerii gospodăriei chibzuite la o centrală termoelectrică cu abur, de putere medie, funcţionînd cu praf de cărbune, luîndu-se în considerare situaţia aparatajului existent. După delimitarea exactă a secţiilor centralei şi stabilirea criteriilor aplicabile secţiei, se propune o serie de norme pentru fiecare secţie, pe baza datelor culese prin încercări şi măsurători. Se insistă asupra importanţei cointeresării la realizarea normelor atît a personalului direct de exploatare, cît şi a personalului auxiliar, celui de întreţinere şi de conducere din centrală, conform normelor sovietice.

In urma acţiunii întreprinse de MEEIE pentru introducerea gospodăriei chibzuite la întreprinderile din cadrul Ministerului, se ivesc o serie de probleme, dintre care poate cea mai importantă pentru realizarea economiilor maxime, este stabilirea unor norme de grupă cît mai concrete, difuzate personalului, într-o formă sugestivă (diagrame etc.), norme a căror realizare se urmăreşte cu ajutorul aparatelor înregistratoare şi care ajută la retribuirea justă a personalului din centrală.

In cele de mai jos vom încerca să schiţăm cîteva norme tehnice de bază pentru secţiile unei centrale termoelectrice cu abur, în cazul unei centrale de putere medie, ca prim pas spre gospodăria chibzuită.

La întocmirea normelor, s-a utilizat ca orientare materialul documentar sovietic referitor la normele de premiere a personalului centralelor electrice şi experienţa de exploatare privitoare la defalcarea normelor de consum din planul anual al centralei, pe secţii.

Centrala dispune de 4 cazane secţionale alimentate cu praf de cărbune şi de 3 grupuri turbogeneratoare, toate de puteri mici sau medii. Instalaţiile sînt vechi, dar bine întreţinute. Alimentarea centralei cu combustibil se face în cea mai mare parte din praful de cărbune brun livrat de exploatările miniere apropiate.

Impărţirea centralei pe secţii s-a făcut pe baza procesului tehnologic după cum urmează :

— *Secţia combustibil,* care are obligaţia recepţionării transportului, depozitării şi manipulării combustibilului din gară, pînă la grătarul elevatorului şi are în păstrare instalaţiile aferente.

— *Secţia de cazane* delimitată conform PET*). Cazanele şi instalaţiile de tratare a apei de alimentare, precum şi staţia de pompare şi rezervorul de combustibil lichid aparţin acestei secţii.

— *Secţia turbine* şi *secţia electrică* au fost contopite, fiind vorba de o centrală de putere redusă cu personalul de exploatare comun la ambele secţii. Această secţie are grijă în afară de grupurile turbogeneratoare şi de partea electrică propriu zisă (tablou, transformator etc.) şi de pompele de alimentare, turnurile de răcire, puţurile, de apă brută etc. tot după PET.

Normele necesare dezvoltării gospodăriei chibzuite pe secţii au fost întocmite pe baza unor studii antemergătoare, referitoare la criteriile aplicabile specificului secţiei, în cadrul posibilităţilor date de aparatajul de măsură existent.

In urma ridicării caracteristicilor cazanelor de abur şi a grupurilor turbogeneratoare (vezi tabelele 1, 2 şi diagramele 3, 4, 5 şi 16) au fost stabilite următoarele norme de încercare pentru secţiile centralei (rămînînd sub normele de consum din sarcinile de plan).

I. Normele secţiei de combustibil

1. Menţinerea stocului de rezervă în limitele prescrise de diagrama anuală de depozitare, cu o toleranţă de plus sau minus 15%.

*) Prescripţii de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice (M.E.E.I.E.)

2. Menţinerea pierderilor globale de prăfuire la manipularea combustibilului sub 2,5%.

3. Reducerea pierderilor cauzate de degradarea combustibilului depozitat prin următoarele măsuri:

a) Limitarea cantităţii de combustibil trecut prin depozit sau transbordat la 40% din totalul consumat (restul de 60% trebuie alimentat direct în silozurile cazanelor).

b) Respectarea unor norme admise pentru degradarea diferitelor sorturi de combustibil destinate depozitării, exprimate în procente ale puterii calorifice inferioare iniţial măsurate, în funcţie de timpul de depozitare.

Variaţia în timp a conţinutului de volatile în cărbunele brun din bazinul Şorecani şi a părţii combustibile din volatile, este arătată în fig. 1. Curba scăderii puterii calorifice a căr-

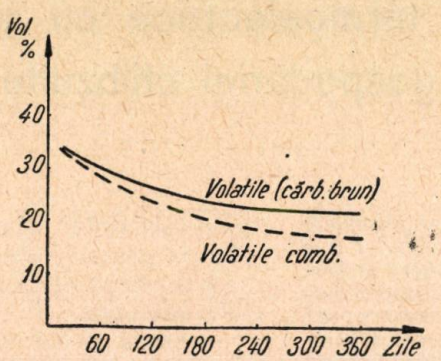


Fig. 1. Variaţia în timp a consumului de volatile şi a părţii combustibile din volatile funcţie de timp.

bunelui nu corespunde exact cu această curbă, ci din cauza procesului de ardere lentă, legat cu dezvoltare de CO_2 are un caracter mai accentuat.

Lipsind date precise despre curbele de degradare a cărbunilor din ţară, în normele propuse au fost stabilite cu ajutorul cătorva date de analiză şi calorimetrări ale laboratului centralei; urmează ca pe baza măsurătorilor sistematice începute în anul curent, să se ridice curba de degradare a fiecărui sort utilizat, verificîndu-se normele de încercare de mai jos:

Cărbune: Aghireş-Codlea-Comăneşti bulgări, nuci sau alune. Timp de depozitare maxim 6 luni. Degradare maximă 10%.

Cărbune: Valea Jiului - Vulcan-Lupeni (recomandat pt. stoc tampon) timp de depozitare maxim 2 ani. Degradare maximă 10%.

Huilă: Cozlea-Anina praf mixt. Timp de depozitare maxim 2 ani. Degradare admisă 9%.

După introducerea normelor *a* şi *b* trebuie urmărită atît cantitatea de combustibil intrat şi depozitat, cît şi puterea calorifică inferioară la intrarea în depozit şi la consumarea transporturilor de cărbune. Trebuie înscrisă deci, pe tăbliţele stivelor respective, afară de data de sosire şi cantitatea livrată şi puterea calorifică în momentul sosirii şi la începerea consumului.

Un exemplu pentru aplicarea practică a acestor norme este condiţionarea plăţii primei pentru reducerea pierderilor de prăfuire, (norma 2) de realizarea normelor calitative (3 *a* şi *b*) — norma 1 depinzînd de factori din afara centralei.

Dacă la centrală se consumă pe o perioadă de timp dată 10 000 t de cărbune şi pierderile de prăfuire au putut fi reduse faţă de normă cu 0,5% pe această perioadă, atunci echipa secţiei de combustibil are dreptul să beneficieze de 30% din valoarea cantităţii de 50 t cărbune economisit; calculînd cu 100 lei tona, recompensa revine la 1 500 lei, în caz de realizare a normelor 3 *a* şi 3 *b*.

Se înţelege că trebuie să existe utilajul necesar urmăririi cantitative şi calitative a cărbunelui, cîntare la depozit şi cazane, bomba calorimetrică etc. cît şi evidenţele aferente.

Dacă există date suficiente despre variaţia părţii de volatile combustibile, respectiv a puterii calorifice inferioare a cărbunilor utilizaţi şi dacă situaţia alimentării cu combustibil a centralei permite exploatarea sistematică a depozitului de combustibil, normele 3 *a* şi *b* se pot transforma în norme cantitative. In acest caz, recompensa se calculează la 3 *a* din economia de la manopera de transbordare, iar la 3 *b*, cu ajutorul puterii calorifice medii a sortului pe perioada respectivă, în acelaşi fel ca norma 2.

II. Normele secţiei de cazane

O parte a normelor acestei secţii sînt norme de consum, altă parte norme calitative. *Normele de consum* sînt următoarele:

1. *Norme privitoare la reducerea pierderilor prin coş* (q_2). Pierderea, care influenţează în cea mai mare măsură randamentul cazanelor, este pierderea de energie termică prin gazele de ardere evacuate prin coş (q_2).

Formula simplificată utilizată la determinarea pierderilor prin coş la cărbune brun este:

$$q_2 = \frac{a(t_{gc} - t_e)}{CO_2\ \%}$$

unde:

t_{gc} este temperatura de evacuare a gazelor la coş, în °C

t_e — temperatura mediului ambiant în °C

a — o constantă pentru cazul dat, dar care la diferite grade de umiditate a cărbunelui şi la diferenţe mai mari a conţinutului de CO_2 variază între limite mici (fig. 2).

In cazul de faţă, pentru umiditatea medie a cărbunelui brun din bazinul Şorecani de 13% şi conţinutul mediu de CO_2 de 9%, valoarea lui *a* poate fi luată de 0,68.

Dacă se ia în considerare că temperatura mediului ambiant nu variază în limite mari, se poate admite că pierderile prin coş sînt în funcţie de procentajul de CO_2 din gazele de ardere şi de temperatura acestor gaze, în °C.

Deci norma privitoare la reducerea pierderilor prin coş se poate stabili direct în procente ale pierderilor prin coş sau separat pentru procen-

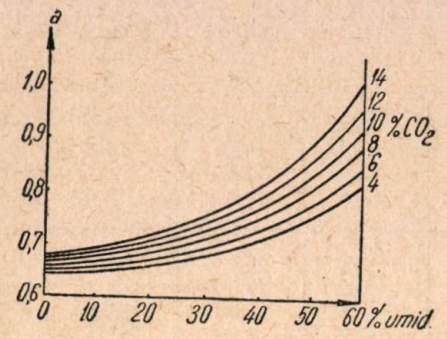


Fig. 2. Valorile coeficientului a în funcţie de % de umiditatea cărbunelui şi de % de CO_2.

tajul de CO_2 şi pentru temperatura gazelor evacuate.

Norma directă pentru reducerea pierderilor q_2. Pentru înlesnirea urmăririi directe a pierde-

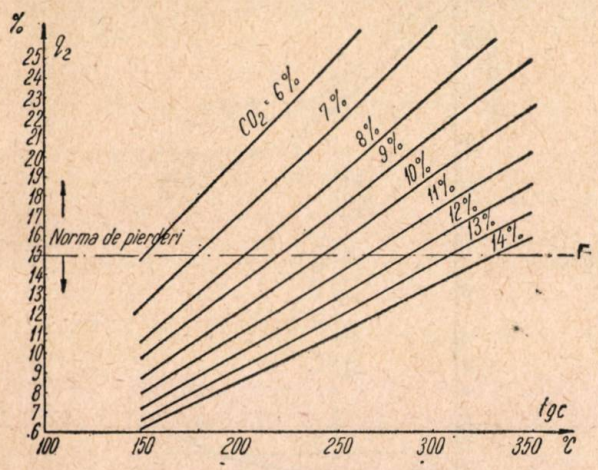


Fig. 3. Determinarea pierderilor prin coş la diferite procente de CO_2.

rilor prin coş (q_2), a fost întocmită cu ajutorul formulei de mai sus, — nomograma din fig. 3, şi pentru evaluarea imediată a economiilor realizate, nomograma din fig. 4.

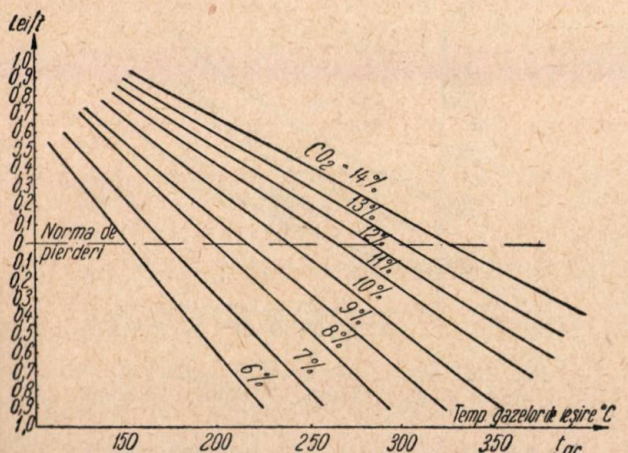


Fig. 4. Diagramă pentru determinarea economiei în lei/t abur produs.

Familia de curbe $\%_0\ CO_2 = f(D, t_{gc})$ trebuie ridicată pentru fiecare tip de cazane şi poate varia chiar la acelaşi tip de cazan în funcţie de starea acestuia. Norma pierderilor prin coş stabilită la 15% pentru cazanele de 15 t utilizată în centrala cercetată, trebuie ridicată la 17% după circa 3 luni de exploatare, fără reparaţie capitală, precum reiese din datele de încercări din tabela 1 şi din diagramele din fig. 5, 6 şi 7 în care se

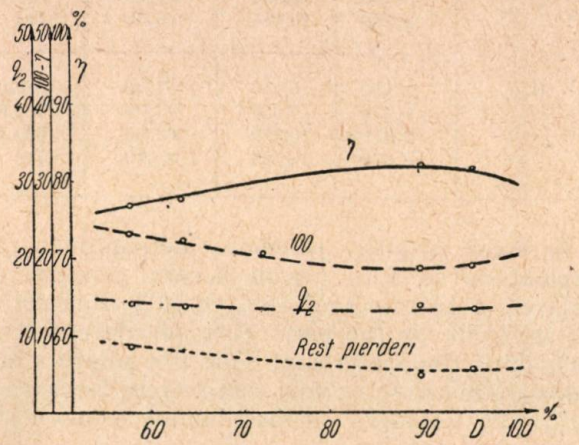


Fig. 5. Curbe de randament şi pierderi la un cazan ieşit din revizie.

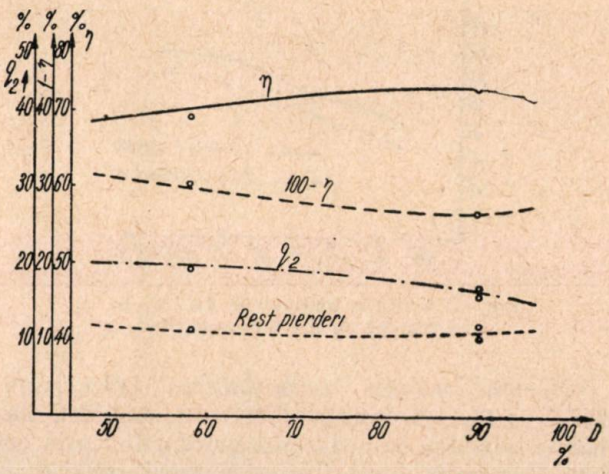


Fig. 6. Curbe de randament şi pierderi la un cazan după 6 luni de exploatare de la revizie.

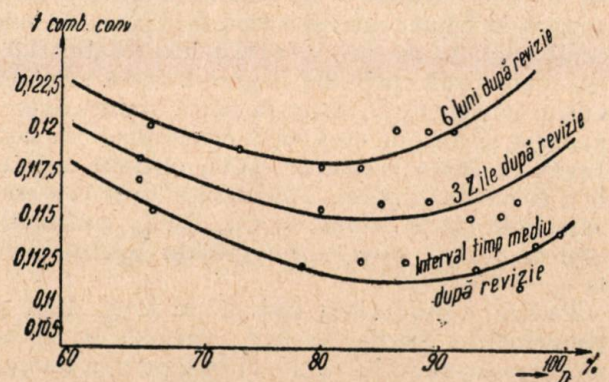


Fig. 7. Curbe de consum specific de combustibil ale cazanelor înainte şi după revizie.

dau rezultatele încercărilor cazanelor cu diferite stări de uzură.

Bilanț termic al cazanelor *Tabela*

Cazan A ieșit din revizie și cazan B după 6 luni de exploatare

cazan	Combustibil		Apă-abur		Indici cazane la coș		Pierderi		Randament
	B	Q_i l	D	$A_i = i'' - t°C$	CO_2	t_{gc}	q_2 la coș	$q_3+q_4+q_5 = q_{rest}$	η_1
	t/h	Mkcal	%	kcal/kg	%	°C	%	%	%
A	1,650	6,504	58,00	720	8,2	207	14,3	8,8	76,9
	1,860	6,950	63,50	712,1	9,8	217	13,6	8,6	77,8
	2,580	9,480	91,00	719,6	9,5	219	13,65	4,7	81,70
	2,910	10,016	95,00	714	10,4	225	13,3	5,5	81,25
B	1,590	5,750	47,50	687,9	6,7	218	20	11,8	68,2
	1,980	7,050	58,00	702,6	7,0	215	19,5	11,1	69,4
	2,670	10,260	94,00	694,1	9,2	226	15,20	12,6	72,8
	2,850	10,320	90,00	704	8,4	227	16,63	10,1	73,3

In mod practic, premierea personalului de exploatare se face pentru fiecare procent de reducere a pierderii sub 15%, cu 10% din salariu, iar scăderile se fac peste 17% pierdere, tot cu 10% după fiecare procent. Cota din salarii a fost calculată în așa fel ca suma totală să nu depășească 30% din valoarea combustibilului economisit.

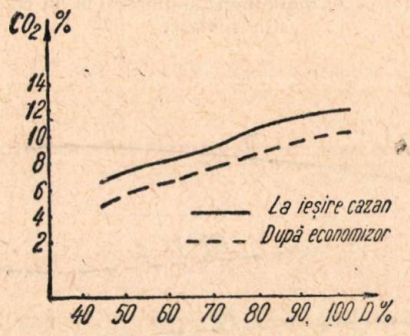


Fig. 8. Variația conținutului de CO_2 în % în funcție de debitul cazanului.

Norma pentru îmbunătățirea procentajului de CO_2. A doua posibilitate a stabilirii normei privitoare la reducerea pierderilor prin coș este indirectă, prin fixarea normei optime de % CO_2 (pentru condiții la care cazanul lucrează cu pierderi minime). La cazane, la care debitul variază în limite mari și norma de $\%CO_2$ trebuie să aibă mai multe valori pentru debite de abur diferite. Cele două curbe din diagramă arată valoarea CO_2 în funcție de D, măsurată odată înainte de economizor și a doua oară după economizor la coș. Legătura între norma de $\%CO_2$ optimă realizabilă și norma directă a pierderilor prin coș este arătată în fig. 9. Norma de CO_2 (la t_{gc} constant), este de 9,5%, ceea ce corespunde aproximativ la $q_2 = 15{,}5\%$.

Pentru completarea normei de CO_2 dacă și temperatura gazelor la coș t_{gc} variază în limite mari, poate fi stabilită și o normă pentru temperatura gazelor de evacuare (fig. 10).

In această figură sînt arătate curbele $t_{gc} = f(D)$, pentru diferitele stări de uzură a cazanului, înainte de reparația capitală după reparația capitală și la uzura normală.

Experiența de exploatare a arătat că temperatura gazelor la coș nu prea poate fi influențată de fochiști.

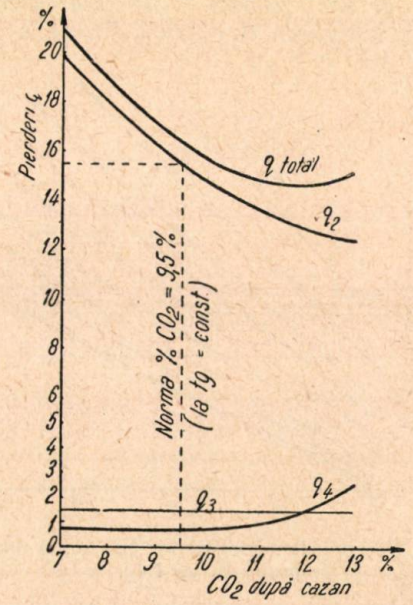


Fig. 9. Variația pierderilor în funcție de procentajul de CO_2.

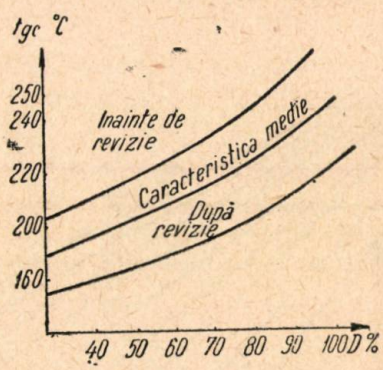


Fig. 10. Variația temperaturii gazelor de ardere după cazan în funcție de debitul cazanului

In fig. 11, se arată un exemplu pentru analiza unei diagrame zilnice a aparatului înregistrator CO_2. La ora 0 pornește cazanul, începînd

să lucreze normal de la ora 3. La ora 15 se opreşte cazanul pentru rezervă caldă. Valabil deci pentru aplicarea normei de 9,5% CO_2, este numai partea diagramei dintre orele 3 şi 15. Partea plină a diagramei este sub normă, deci suprafaţa haşurată trebuie integrată, luînd în considerare scara

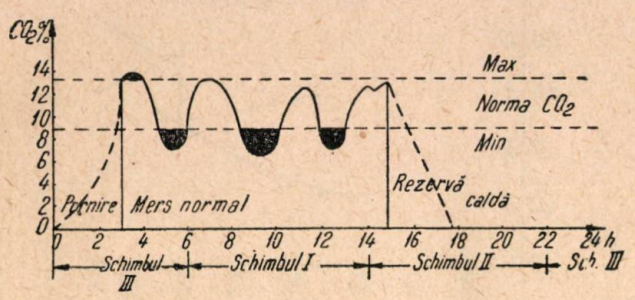


Fig. 11. Analiza unei diagrame zilnice al aparatului înregistrator de CO_2.

diagramei exprimată în procente, iar valoarea acesteia urmează să fie scăzută din indemnizaţia fochiştilor, în caz că depăşeşte 1% (fig. 12).

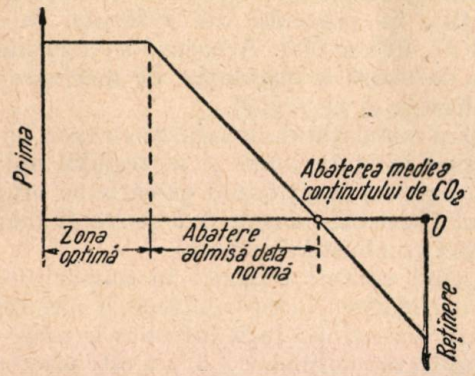


Fig. 12. Variaţia cotei de premiere pentru conţinutul de CO_2.

In cazul de faţă, al centralei avînd în vedere calitatea neuniformă a cărbunilor utilizaţi şi variaţiile mari de debit, s-a propus şi la urmărirea pierderilor pe această cale, acordarea unei zone neutre de 1% în jurul normei, pentru care nici nu se scade nici nu se adaugă nimic la salariul tarifar al personalului. Pentru analiza diagramei, urmează ca în lipsa unui planimetru special pentru integrarea curbei, calcularea procentajului ponderat de CO_2 să se facă trasînd pe curba indicată de aparat mai întîi mediile orare şi apoi împărţind totalul acestora cu numărul orelor de mers valabile. Dacă toate cazanele centralei sînt identice, atunci ponderarea pe bateria de cazane se poate face, adunînd mediile orare de la toate cazanele şi împărţind cu numărul total al orelor de mers valabile.

In caz contrar, la ponderare, ar trebui luat în considerare producţia de abur a fiecărui cazan.

Se înţelege că aparatele înregistratoare de CO_2, trebuie să funcţioneze tot timpul pentru a putea urmări norma de CO_2 sau norma pierderilor prin coş. Dacă se fixează o normă de t_{oc} trebuie să existe şi termometre înregistratoare; totodată trebuie exclusă posibilitatea intrării de aer fals în canalele de gaze de ardere.

Desigur, că cea mai simplă metodă de urmărire a acestor norme ar fi prin contori electrolitici de CO_2, prin aparate pentru indicarea directă a pierderilor prin coş q_2, sau chiar a randamentului η a cazanului. In lipsa acestora ar ajunge un planimetru special pentru integrarea curbelor ridicate cu aparatele CO_2 şi termometre înregistratoare. Dacă şi aceasta lipseşte, atunci trebuie confecţionat un dispozitiv simplu pentru înlesnirea operaţiilor descrise mai sus, la ponderarea mediilor orare a curbelor din diagrame, cu ajutorul unor şabloane transparente.

2. *Norma pentru reducerea pierderilor de combustibil* din cauza arderii mecanice incomplete (q_4), trebuie stabilită pe baza măsurătorilor calitative şi cantitative asupra cenuşei volante cuprinsă în gazele de ardere. In acest scop trebuie realizată conform PET instalaţia adecvată pentru luarea probelor de cenuşă şi pentru analiza chimică şi granulometrică a acestora; ciclon, ejector sau altă sursă pentru realizarea depresiunii necesare, garnitură de site pentru analiza granulometrică (sita 0,20 f, 30 şi 009 f, 70), cuptor electric pentru arderea cărbunelui din cenuşă, cîntar de precizie etc.

La întocmirea normei pentru pierderile din cauza arderii mecanice incomplete, mai trebuie avut în vedere şi consumul specific de energie electrică pentru măcinare în kWh/t abur produs (vezi norma 3 *b*).

Din măsurătorile executate, se constată că pentru cărbunele brun cu conţinut mare de volatile, de tipul cărbunelui din bazinul Şorecani, cantitatea de combustibil nears din cenuşă, exprimat în procente în funcţie de sarcina cazanului exprimată în t/h, nu variază mult (vezi fig. 13). In schimb la cărbunele slab, respectiv la huilă slabă, variaţia combustibilului nears din cenuşă variază considerabil ca sarcina cazanului,

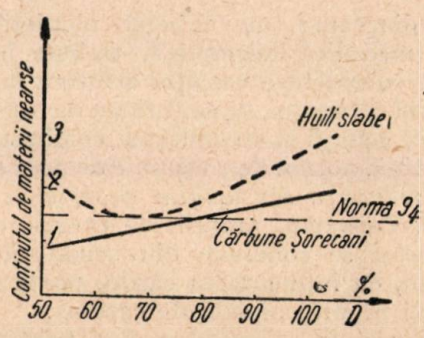


Fig. 13. Variaţia conţinutului de materii combustibile nearse în cenuşa volantă.

din cauza timpului de aprindere mai lung a part i culelor de praf.

Pentru urmărirea acestei norme, trebuie înfiinţate locuri de colectare a probelor de cenuşă pentru fiecare schimb şi loc de muncă. Nici în acest caz nu se pot lua în considerare rezultatele

probelor prelevate în timpul pornirii sau opririi şi a rezervei calde a cazanului.

Neavînd încă locurile de măsură puse la punct pentru luarea curentă a probelor de cenuşă volantă, aplicarea propunerii de normă din fig. 13. $q_4 \leqslant 1{,}5\%$ rezultată în urma măsurătorilor executate (fără reglarea separatoarelor) cu cărbune brun din bazinul Şorecani, nu va putea fi începută decît în sem. II al anului curent.

Pentru fiecare 0,1% reducere a pierderii q_4 faţă de normă, s-ar cuveni personalului de exploatare 1% din salariu, iar pentru fiecare depăşire i s-ar scădea acelaşi procentaj. Aceasta tot în limita cotei de 30% din economiile realizate.

Totuşi în cazul actual al mersului cu diferite sorturi de combustibil şi al variaţiei calităţii acestora, norma q_4 nu poate fi formulată aşa de simplu pentru că pierderea q_4 trebuie calculată după măsurarea procentajului de combustibil nears corespunzător calităţii combustibilului utilizat după formula de mai jos :

$$q_4 = \frac{C}{100-C} \cdot \frac{S \cdot b \cdot 8\,100}{H_{inf}} [\%]$$

unde :

q_4 este pierderea prin ardere mecanică incompletă ;

C — procentajul de combustibil în cenuşa volantă ;

S — procentajul de zgură a combustibilului utilizat ;

b — coeficientul cenuşei din combustibil, se poate lua pentru cazane cu praf de cărbune egal cu 0,85, iar pentru cazane cu grătar egal cu 0,5.

Ca exemplu de calcul putem lua pentru cazul de faţă următoarele date :

$$C = 1\% ; \; S = 42\% \; b = 0{,}85\% ; \; H_{inf} = 3\,200 \text{ kcal/kg}$$

$$q_4 = \frac{1}{99} \cdot \frac{42 \cdot 0{,}85 \cdot 8\,100}{3\,200} = 0{,}91\%.$$

Deci diagrama sau tabelul pierderilor prin arderea mecanică incompletă, trebuie întocmit, luînd în considerare variaţia acestora în funcţie de debitul cazanului, de cantitatea de combustibil nears din cenuşă şi de calitatea combustibilului.

3. Ultima normă de consum este acea stabilită pentru *reducerea consumului propriu de energie electrică*. Consumul propriu de energie electrică al cazanelor se compune din următorii factori principali, cu influenţarea cărora poate fi redus consumul propriu al sălii de cazane :

a) consumul ventilatoarelor pentru aerul primar, secundar şi ventilatoarelor de tiraj aspirat (în caz de circulaţie forţată a aerului) ;

b) consumul propriu al morilor de orice tip pentru măcinarea combustibilului la cazanele cu praf de cărbune, sau consumul motoarelor care antrenează grătarul, la cazanele cu grătar.

La cazanele la care variaţia debitului nu depăşeşte limita de 20—30% norma 3 *a* se poate fixa în kWh/t abur produs. In cazul variaţiilor mari de debit, norma trebuie stabilită în formă de diagramă (vezi fig. 14). La întocmirea acestei diagrame trebuie luată în considerare posibili-

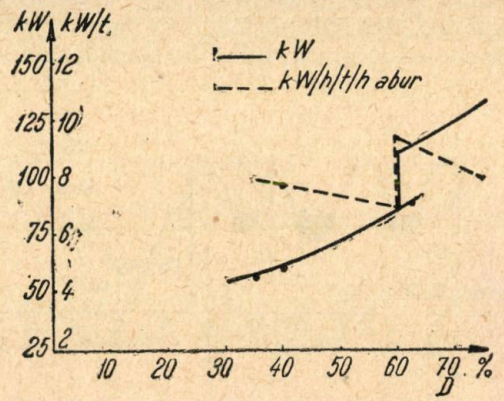


Fig. 14. Norma de consum propriu a ventilatoarelor

tatea de oprire a unor ventilatoare la scăderea sarcinii.

La stabilirea normei pentru consumul morilor, trebuie neapărat indicată şi fineţea de măcinare, conform curbei granulometrice a combustibilului respectiv, în procente ale refuzului la sitele STAS nr. 020 şi 009. Aceasta depinde mult de starea de uzură a instalaţiei de măcinare şi de posibilitatea ei de reglaj.

Pentru instalaţia de măcinare cu mori cu inele şi valţuri în stare bună şi la reglajul optim al separatoarelor, funcţionînd cu cărbune brun din bazinul Şorecani, norma 3 *b* poate fi fixată la 8 kWh/t combustibil natural.

Neavînd contori trifazici în număr suficient pentru urmărirea acestor norme şi nici reglajul separatorilor nefiind încă introdus la toate cazanele, aplicarea normelor 3 *a* şi *b* este programată tot pentru semestrul II al anului curent.

4. Prima *normă calitativă* este aceea a *menţinerii parametrilor aburului* (presiunii şi temperaturii) *în limitele admise pentru exploatarea turbinelor în bune condiţii*. Avînd în vedere că temperatura şi presiunea aburului variază în funcţie de debitul cazanului, trebuie întocmite diagrame atît pentru temperatura, cît şi pentru presiunea în funcţie de debitul de abur D,. pentru $t = f(D)$ (figura 15). Pe această figură este indicată zona valabilităţii normei (între punctele D_1 şi D_2 din diagramă). Trebuie precizat şi locul măsurării, pentru că parametrii variază şi în funcţie de locul de măsură (la ieşirea din supraîncălzitorul cazanului, sau la intrarea în turbine).

Cu toate că normele sovietice sînt mai severe, pentru instalaţiile noastre mai mici şi cu un grad de uzură înaintat, s-a propus o toleranţă de 2 at plus sau minus faţă de presiunea nominală a aburului la intrarea în turbine şi plus sau minus 5°C, faţă de temperatura nominală a acestuia, măsurată în acelaşi loc. Realizarea acestei norme trebuie urmărită prin aparate înregistratoare, diagramele cărora se vor analiza separat pentru fiecare schimb.

5. A doua normă calitativă este *starea de curăţenie a interiorului, cazanului, a pereţilor, a*

ţevilor fierbătoare şi de ecran. Această normă se exprimă în procente faţă de starea curată. De exemplu în cazul de faţă cazan curat 80% se consideră

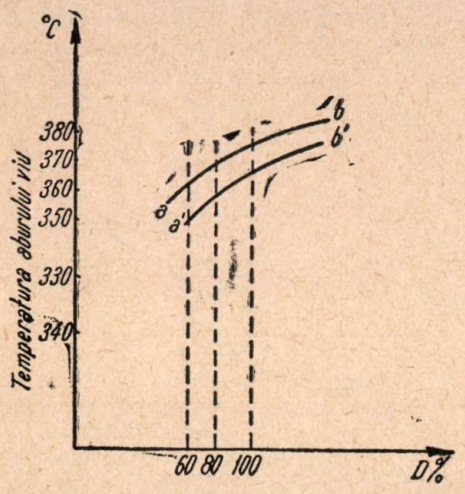


Fig. 15. Variaţia temperaturii aburului în funcţie de debitul cazanului

cazanul care are circa 2 m³ sau 260 kg depunere de zgură, şi anume : 1 m³ sau 130 kg pe vatră şi 1 m³ sau 130 kg pe suprafeţele de încălzire.

Ţinînd seama de deservirea paralelă a agregatelor de cazane în funcţie de către o singură echipă şi de eforturile ce trebuie depuse la îndepărtarea a circa 1,35 t zgură/schimb, în cazul menţinerii stării de curăţenie a cazanelor prin eliminarea permanentă a depunerilor, poate fi stabilită o normă de 16 kg/om/h pentru evacuarea zgurii.

Dacă un schimb a preluat cazanele cu un anumit procentaj de zgură şi le-a menţinut în aceeaşi stare, sau chiar a îmbunătăţit starea lor, va beneficia de acord sau de un plus corespunzător peste ceea ce se cuvine pentru menţinerea cazanelor în stare curată.

La aplicarea normelor de mai sus, la secţia de cazane, a trebuit să se ia în considerare faptul că personalul de exploatare al secţiei a beneficiat deja de un acord bazat pe norma 5.

Problema s-a rezolvat completînd norma 5 cu norma 1 *a* (reducerea pierderilor prin coş) condiţionat de realizarea normei 4 (menţinerea parametrilor aburului produs).

In cazul depăşirii limitelor admise cu 3—6% (măsurate pe diagramă) atunci sporul calculat pe baza normei 1 se reduce cu 50% iar în cazul unei depăşiri ce întrece 6% sporul se anulează complet.

Trebuie menţionat însă, că personalul de întreţinere şi de conducere (maiştrii şi tehnicienii) ai secţiei de cazane n-a putut fi cointeresat la realizarea acestor norme, neputînd fi încadrat nici în prevederile actualului regulament de premiere, nici în acordul personalului de exploatare.

Ar fi de dorit ca şi personalul tehnic al secţiei, maiştri şi şefii de secţie şi ajutoarele lor să fie cointeresaţi direct la cifrele de realizare ale normelor de mai sus.

III. Normele secţiei turbo-electrică

1. Intrucît la secţia de turbine şi la secţia electrică, întocmirea normelor de consum este mult mai dificilă decît la celelalte secţii, s-a stabilit pentru prima fază a introducerii normelor o normă de randament $\eta_m = f(P)$ pentru fiecare tip de grup turbogenerator al centralei (vezi fig. 16). Pentru ridicarea curbelor de randament

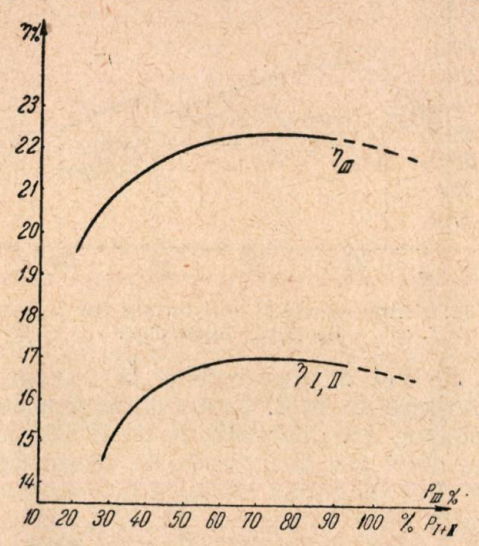


Fig. 16. Curbele de randament ale grupurilor turbogeneratoare

şi de consum specific în funcţie de sarcina grupurilor, s-au executat încercări cu grupurile turbogeneratoare.

2. In caz că lipsesc debitmetrele de abur necesare măsurării căldurii utilizate pentru producerea energiei electrice, se poate introduce o normă pentru temperatura apei de alimentare.

Pentru turbine cu condensaţie, temperatura condensatului trebuie fixată în funcţie de vid. Pentru întocmirea corectă a diagramei trebuie eliminate urmările eventualei lipse de etanşeitate a condensatorului (fig. 17).

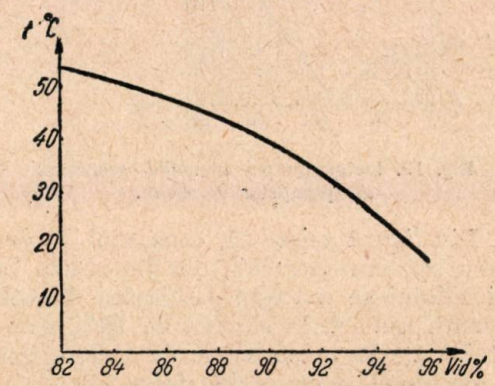


Fig. 17. Temperatura de saturaţie în funcţie de vid.

La turbine care utilizează prize pentru preîncălzirea apei de alimentare, norma apei de alimentare trebuie stabilită pentru un loc de măsură, după ultima preîncălzire. Temperatura apei trebuie măsurată cu termometre înregistratoare. Norma se consideră ca realizată, respectiv depăşită, dacă temperatura apei de alimentare nu

scade cu mai mult de 2°C, sub temperatura stabilită.

3. Norma de vid a turbinelor în funcţie de sarcina turbinei şi la mersul cel mai economic al pompelor de răcire, trebuie stabilită pentru condensatorul curat şi etanş, la o temperatură dată a apei de răcire. In fig. 18 este arătată

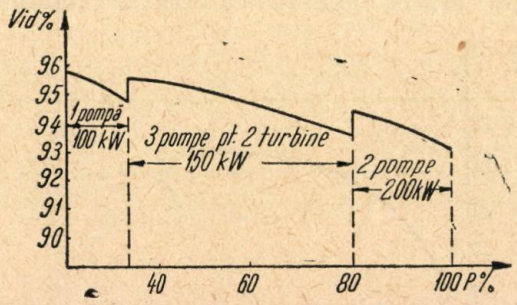


Fig. 18. Norma de vid al unei turbine (cu 3 pompe de răcire disponibile).

norma de vid a unei turbine la temperatura apei de răcire de 10°C. Pentru ilustrarea normei se presupune că instalaţia poate fi alimentată de una, două sau trei pompe de răcire de cîte 100 kW. Din diagramă reiese că la o exploatare economică pînă la sarcina de 33% merge o singură pompă de răcire ($P = 100$ kW), de la această sarcină, pînă la sarcina de 80% merg 3 pompe care alimentează de fapt două turbine. In sfîrşit de la 80 la 100% merg două pompe de răcire pentru o singură turbină.

Avantajele acestui sistem de exploatare sînt arătate în fig. 19 pentru zona economică a tur-

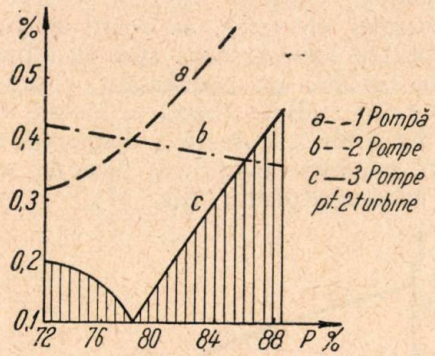


Fig. 19. Determinarea mersului economic al pompelor de răcire.

binei. Din figură reiese că, consumul de energie scade cu scăderea sarcinii, dar din cauza înrăutăţirii vidului se măreşte cantitatea de căldură consumată aşa că, la sarcina de 78% este mai avantajoasă din acest punct de vedere exploatarea cu două pompe de răcire.

Din cele de mai sus se poate constata că pentru stabilirea acestei norme trebuie precizate următoarele :

— consumul de căldură în funcţie de vid ;

— scăderea cantităţii de căldură consumată în funcţie de consumul de energie electrică a pompelor de răcire ;

— variaţia corespunzătoare a consumului de căldură.

4. Deoarece PET-ul prevede trecerea pompelor de alimentare la secţia de turbine, norma pentru reducerea consumului de energie electrică a acestor pompe se tratează în acest capitol.

Norma se poate stabili în kWh/t abur, conform fig. 20. Dacă există pompe antrenate cu abur la întocmirea diagramei trebuie luată în consi-

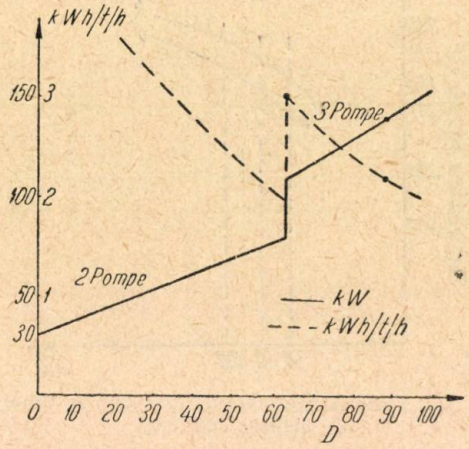


Fig. 20. Norme de consum a pompelor de alimentarea cazanelor.

derare posibilitatea de utilizare a acestora.

In cazul depăşirii normei cu 3% norma se consideră nerealizată.

Concluzii

Se subliniază din nou că o condiţie esenţială pentru punerea în aplicare a acestor norme este aceea a existenţei aparatajului minimal necesar urmăririi normelor : manometre, termometre, CO_2metre, kWmetre şi alte aparate înregistratoare, apoi contori de apă, abur, electrici şi cîntare pentru combustibil. Aceste aparate trebuie întreţinute în condiţii bune ; nefuncţionarea lor sau condiţiile speciale de funcţionare ca, porniri, opriri, rezervă caldă, funcţionare cu combustibil necorespunzător sau la alte sarcini decît la cele admise pentru mersul de durată etc. exclud pe timpul respectiv aplicarea normelor.

Normele se referă la personalul secţiilor amintite şi anume în prima linie la personalul direct de exploatare, ca fochiştii la secţia de cazane, turbiniştii şi tablouniştii la secţia turboelectrică, echipa secţiei de combustibil etc. Personalul auxiliar de exploatare trebuie să beneficieze, conform normelor sovietice, de 5% din cota personalului direct de exploatare. Pentru cointeresarea personalului de întreţinere şi reparaţii este absolut necesar ca şi aceştia să beneficieze după normele sovietice, de o cotă de 80% din cota personalului direct de exploatare. Se propune o modificare în acest sens a regulamentului de premiere actual.

După executarea încercărilor, punerea la punct şi completarea aparatajului termotehnic cu aparate înregistratoare, trebuie întocmit un plan de lucru pentru introducerea normelor la secţiile centralei.

Pentru a nu îngreuna sarcinile aplicării normelor, în propuneri s-au omis o serie de norme, dintre care unele destul de importante, ca norma reducerii pierderilor de căldură prin purje, sau norma reducerii pierderilor de condensat, în general a consumului de apă. Apoi norma consumului de ulei de turbină, de chimicale (la menţinerea parametrilor optimi ai apei etc.)

Din cele arătate mai sus, reiese că se recomandă introducerea în prima etapă numai a acelor norme care sînt decisive din punct de vedere al economiilor realizabile la secţiile respective şi unde condiţiile de aparataj permit o urmărire exactă. Totuşi, tendinţa trebuie să fie, realizarea cît mai devreme a unui sistem complet de norme de consum şi calitative pentru toate secţiile şi toate locurile de muncă a centralei cercetate, deoarece înfiinţarea gospodăriei chibzuite la centrale termoelectrice cu abur nu este posibilă fără stabilirea normelor de consum principale ale secţiilor sau grupurilor care constituie gospodăria chibzuită.

Reuşita acţiunii iniţiate de forurile tutelare pentru reducerea costurilor energiei electrice depinde în mare măsură de stabilirea justă a normelor tehnice pe secţiile centralei, cea ce va avea ca urmare retribuirea mai departe a echipelor, fie din cota de 30% ce le revin conform regulamentului de premiere din economiile realizate, fie prin introducerea unui acord pe baza acestei norme, în toate locurile unde aceasta este posibil.

In încheiere se dă ca model, planul de lucru întocmit pentru centrala termoelectrică cu abur de putere medie, cu un inventar modest de aparate termotehnice, expusă în cele de faţă.

Bibliografie:

Gorşcov A. S.: Indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice (trad. din limba rusă Ed. Energetică de Stat, Bucureşti, 1953.

Gornstein V. M.: Repartiţia optimă a sarcinii între centrale electrice (trad. din limba rusă) Ed. Energetică de Stat Bucureşti.

Szilas L. Sistemul de premiere în centrale electrice din U.R.S.S. Magyar Energiagazdasag, nr. 7/1954.

Planul de lucru pentru introducerea normelor tehnice pe secţiile centralei termoelectrice

Secţia	Norma	Măsuri necesare
1. Combustibil	1. Menţinerea pierderilor de prăfuire la manipularea combustibilului sub 2,5% (pct. 2).	Cîntărirea la recepţie şi la cazane, control periodic la stoc
	2. Reducerea pierderilor cauzate de degradarea combustibilului prin următoarele măsuri: *a*) limitarea cantităţii de combustibil transbordat (pct.3). *b*) respectarea normelor pentru degradarea cărbunelui (pct. 3b)	Trebuie introdusă evidenţa cantitativă şi a puterii calorifice a cărbunelui depozitat, la alcătuirea stivei şi la intrarea în consumaţie
II. Cazane	3. *Norme de consum*:	
	Norma directă privitoare la reducerea pierderilor prin coş (pct. 1)	Trebuie asigurate aparatele înregistratoare cu benzi colorate
	4. Norma pentru reducerea piederilor de combustibil din cauza arderii incomplete (pct. 2)	Aparatajul necesar trebuie procurat sau confecţionat cu mijloace proprii
	5. Norme pt. consumul propriu de energie la: *a*) ventilatoare *b*) mori (pct. 3)	Trebuie montate 2 contoare trifazice cu red-100/5 A.
	6. *Norme calitative* Norma pt. parametrii aburului (pct. 4)	
	7. Norme pt. starea de curăţenie a cazanului (pct. 5)	
III. Turbo-electrică	8. Norme de randament a grupurilor turbogeneratoare (pct.1)	
	9. Norma pt. reducerea consumului de energie electrică la pompele de alimentare (pct. 4).	Trebuie montat 1 contor trifazic cu red—100/5 A

★

ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМЫ ПАРОВОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, ПЕРВИЧНОЕ УСЛОВИЕ ВНЕДРЕНИЯ ХОЗРАСЧЕТА

Резюме

В работе делается попытка установить наиболее важные нормы расхода и качественные нормы необходимые для внедрения хозрасчета на паровой ТЭС средней мощности работающей на угольной пыли, имея в виду состояние существующей аппаратуры. После точного разграничения цехов станции и определения критериев применимых кцеху, предлагается ряд норм для каждого цеха, на оснований данных собранных во время испытаний и замеров. Настаивается на значении заинтересованности в выполнении норм, как непосредственно эксплоатационного персонала так и подсобного, руководящего и содер живающего персонала, как предусматривают советские нормы.

Protecţia contra coroziunii în instalaţiile de epurare chimică a apei din centralele electrice

Ing. HORIA FURTUNESCU

Pentru prevenirea coroziunii în instalaţiile de epurare chimică, este necesară utilizarea de conducte şi armături rezistente la acizi şi acoperirea interiorului aparatelor cu materiale rezistente la acizi. In acest articol se dau cîteva date practice cu privire la această problemă

Pentru epurarea apei de adaos la cazane, la centralele termoelectrice moderne cu puteri instalate mari, sînt prevăzute staţii cu filtre minerale şi cationice ce au rolul să îndepărteze suspensiile solide de natură organică sau anorganică din apa de adaos şi să reducă duritatea acestei ape pînă la valori foarte mici. Condiţiile ridicate privind calitatea apei de adaos în special la cazanele de înaltă presiune, au condus la soluţii noi şi la complicarea instalaţiilor de epurare a apei, tendinţa fiind reducerea pînă la dispariţia totală a epurării „termice" (vaporizatoare) a apei de adaos şi dezvoltarea epurării chimice a apei de adaos pe baza utilizării maselor cationice. Astfel în locul vaporizatoarelor în cascadă, care consumau cantităţi mari de căldură, la centralele moderne apar filtrele cationice şi anionice, care dau apă „distilată" chimic, ale cărei calităţi se apropie de calităţile condensatului şi care poate fi utilizată pentru completarea pierderilor mari de condensat de la centralele electrice de termoficare.

Una din problemele ce se pun la instalaţiile de epurare chimică a apei de adaos, este protejarea suprafeţelor metalice interioare ale filtrelor rezervoarelor şi dozatoarelor contra acţiunii corosive a soluţiei acide de coagulant, a apei H-cationizate şi a soluţiei de regenerare a masei H-cationice.

Problema conductelor şi a armăturilor se rezolvă prin utilizarea ţevilor de viniplast, faolită sau textolit şi a armăturilor fabricate din fontă cauciucată, oţel inoxidabil, viniplast sau faolită rezistente la acizi.

In mod obişnuit, în instalaţiile moderne de epurare chimică a apei, se utilizează conductele de viniplast şi armături din fontă cauciucată sau oţel inoxidabil. Problemele în legătură cu montarea conductelor de viniplast (îndoire, tăiere, sudare) au fost parţial expuse în articole publicate anterior, ele fiind deja practic rezolvate şi aplicate în ţara noastră încă din anul 1953.

In ce priveşte însuşirea tehnicii de acoperire cu un strat protector a interiorului diverselor aparate ce vin în contact cu soluţii acide în decursul procesului tehnologic s-au făcut încercări ce au dat rezultate satisfăcătoare în cursul anului trecut pe şantierul unei termocentrale.

Conform prescripţiilor de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice, duritatea apei epurate chimic nu trebuie să depăşească 0,03°.

Pentru protejarea suprafeţelor metalice contra coroziunii s-au adoptat principial două procedee :

a) aplicarea unui strat anticorosiv, sub formă de vopsea sau lac ;

b) căptuşirea cu placă de viniplast.

Evident că în condiţiile practice a fost necesară utilizarea ambelor procedee, ţinînd seama de forma aparatului respectiv.

a) Iniţial s-a încercat să se realizeze un strat protector prin vopsire cu lac de perclorvinil (lacul D-10) avînd compoziţia 10% perclorvinil + 90% dicloretan (în greutate). Lacul s-a aplicat cu pensula în mai multe straturi dar rezultatele nu au fost pe deplin satisfăcătoare, în special datorită faptului că lacul era foarte subţire şi incolor.

S-a trecut apoi la o vopsea avînd compoziţia 75% lac D-10 şi 5% miniu de plumb praf, care a dat rezultate satisfăcătoare.

S-a adoptat următoarea schemă pentru procesul tehnologic de acoperire cu strat protector anticorosiv.

1. Curăţirea interiorului pînă la luciul metalic. Rotunjirea bavurilor şi marginilor ascuţite.
2. Spălare cu soluţie de acid clorhidric 10%
3. Spălare cu soluţie de carbonat de sodiu 10%.
4. Spălare cu apă fierbinte şi uscarea perfectă a suprafeţei interioare.
5. Vopsirea o dată cu vopsea avînd următoarea compoziţie în greutate : 25% miniu de plumb praf sau diabaz măcinat fin (cernut prin sita nr. 30) ; 75% lac de perclorvinil avînd următoarea compoziţie : 10% perclorvinil ; 89,5% dicloretan ; 0,5% parafină clorurată (clor $\geqslant$ 10%). Se lasă să se usuce la 20°C timp de 2 ore.
6. Se aplică un glet avînd compoziţia : 25% diabaz măcinat fin cernut ; 15% asbest praf ; 60% lac de perclorvinil avînd compoziţia : 10% perclorvinil, 89,5% dicloretan, 0,5% parafină clorurată. Gletuirea are scopul să egalizeze suprafaţa. La început se aplică glet în adînciturі. Stratul aplicat nu trebuie să depăşească 0,3—0,5 mm şi nu se va aplica în nici un punct de la suprafaţă mai mult de trei straturi de glet. Pentru îmbunătăţirea adeziunii între glet şi prima vopsea, se va lua uşor vopseaua din primul strat cu pînză şmirghel de şlefuit. După aplicarea fiecărui strat

de glet în adînciturі, se lasă timp de 2 ore la uscat.

7. Se aplică un strat de vopsea avînd compoziţia indicată la punctul 5. Se usucă 12 ore la 20°C.

8. Se ia uşor cu pînză şmirghel fină pentru mărirea adeziunii, şi se aplică un strat de lac avînd compoziţia: 12% perclorvinil; 87,5% dicloretan; 0,5% parafină clorurată (clor ⩾ 10%) Se usucă 12 ore la 20 °C.

9. La intervale de 5 ore se aplică consecutiv încă 14 straturi de vopsea avînd compoziţia indicată la punctul 8.

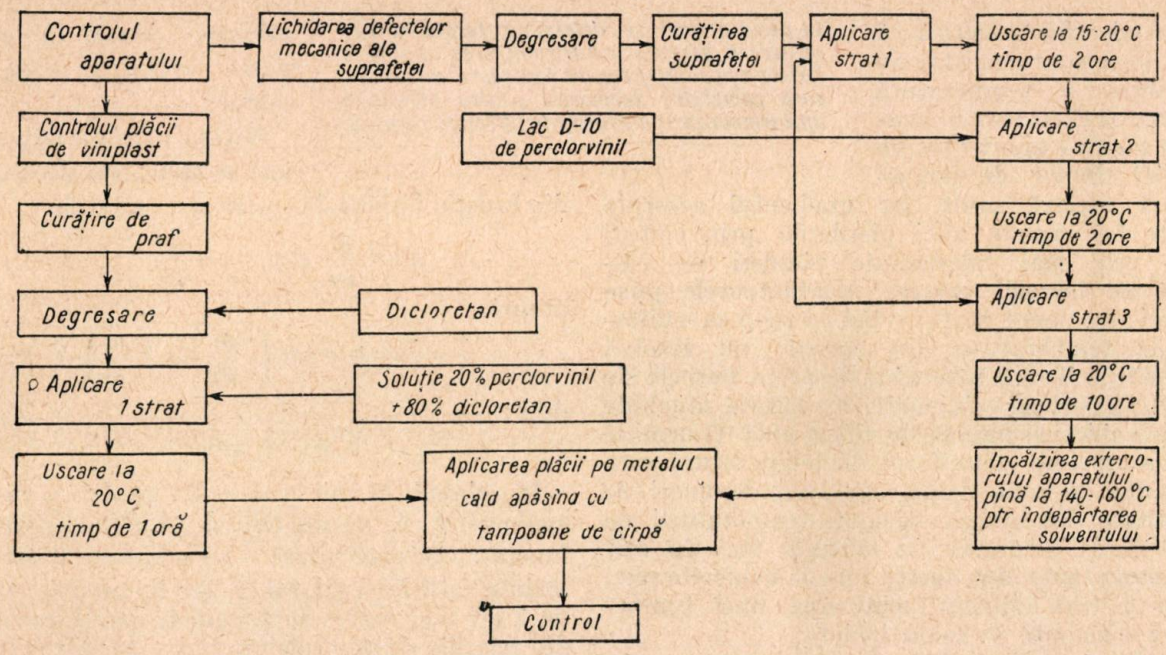
Un astfel de strat protector contra coroziunii, după date preliminare, va trebui să dureze 3—5 ani. Experienţa exploatării rămîne să confirme justeţea acestei presupuneri.

b) Un al doilea procedeu — care a fost amintit mai sus — este căptuşirea cu plăci de viniplast de 1—2 mm grosime.

Consultînd datele din literatura tehnică de specialitate s-a hotărît adoptarea procesului tehnologic după schema din fig. 1.

Respectînd acest proces tehnologic, s-au obţinut rezultate satisfăcătoare şi o adeziune suficientă între placa de viniplast şi metal.

Acest procedeu oferă avantaje evidente faţă de vopsirea simplă a aparatului cu lac în interior, atît în ceea ce priveşte siguranţa protecţiei contra coroziunii, cît şi durata. Ca dezavantaj avem complicarea procesului tehnologic prin nevoia de a încălzi peretele metalic pînă la 140...160°C. Incălzirea insuficientă are ca rezultat neasigurarea unei adeziuni suficiente între metal şi placa de viniplast, iar depăşirea acestei tem-



peraturi conduce la arderea stratului de lac aplicat pe metal.

Procedeele expuse mai sus pot fi aplicate în orice ramură industrială între limitele de temperaturi la care rezistă viniplastul şi lacurile pe bază de perclorvinil.

De relevat rămîne faptul că, odată cu punerea în funcţiune a marilor centrale termoelectrice, se pune industriei noastre chimice sarcina nouă de a fabrica materiale care să permită întreţinerea în bune condiţii a echipamentului de bază, cum ar fi în cazul dat, perclorvinilul, dicloretanul şi viniplastul.

Bibliografie:

Sufchi S. V., Purchin V. S.: Viniplastul, Goshimizdat, 1953.

Costalschii A. A. şi *Cliacico V. A.*: Filtrele din instalaţiile de epurare a apei din centralele electrice şi instalaţiile industriale de cazane, Gosenergoizdat, 1953.

Poliacov C. A.: Materiale nemetalice rezistente la coroziune Goshimizdat, 1950.

★

ПРОТИВОКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА В УСТАНОВКАХ ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Резюме

Для предупреждения коррозии в установках химводочистки, необходимо использование кислотоупорных труб и арматуры и покрытие внутренней части аппаратов кислотоупорными материалами. В статье даются некоторые практические данные касающиеся этого вопроса.

Determinarea racordării pereţilor în interiorul camerelor termostat

Ing. MARCEL HEITNER

In acest articol se determină forma de racordare a pereţilor pentru obţinerea unui flux termic constant. Această racordare este necesară camerelor termostat pentru obţinerea unei temperaturi uniforme în întreaga cameră.

Se ştie din practică că într-o cameră termostat nu se obţine o temperatură constantă decît într-o anumită zonă a camerii ; înspre muchii cîmpul de temperatură variază mult, iar gradientul acestuia creşte. La camere mici pierderile prin colţuri sînt cele mai importante pierderi de căldură ale întregii camere. Ventilatoarele puse uneori în camere mari, avînd ca scop să uniformizeze temperatura din cameră, nu rezolvă această problemă la muchii, deoarece pernele de aer de aici se lasă vehiculate cu greutate, muchiile fiind de obicei şi puncte de viteză nulă. O urmare a acestui cîmp neuniform de temperatură este formarea de zone calde sau reci, depuneri de umiditate din cauza atingerii temperaturii de condensare, formarea de mucegai etc. Cu atît mai importante sînt aceste zone la camerele mici unde se cere riguros menţinerea unei temperaturi constante în toată incinta.

Remedierea neajunsului arătat mai sus se poate obţine prin modelarea formei colţurilor astfel ca fluxul de căldură să fie constant pe tot peretele inclusiv zona colţurilor.

In cele ce urmează se stabileşte forma de racordare a pereţilor pentru obţinerea unui flux constant. Metoda folosită este metoda analogiei termohidraulice.

In general, două fenomene fizice din domenii diferite se zic analoge dacă operatorii omologi care determină ecuaţiile fenomenelor sînt identici.

Un cîmp hidrodinamic staţionar este analog unui cîmp termic staţionar dacă atît ecuaţiile diferenţiale cît şi condiţiile pe conturul domeniilor se exprimă prin relaţii identice ca structură. In mişcările potenţiale plane, ecuaţia care guvernează fenomenul este ecuaţia lui Laplace şi fenomenele de conducţie staţionare sînt dominate de aceeaşi ecuaţie.

Dacă însemnăm prin f funcţia potenţială a liniilor de curent şi prin t cîmpul de temperatură, se poate face corespondenţa $f—t$. Pentru ca analogia să fie completă, trebuie ca şi condiţiile pe contur să fie exprimate prin operatori identici ; în acest caz spectrele celor două cîmpurl vor fi identice. Liniile de curent corespund liniilor izoterme iar liniile echipotenţiale funcţiei de viteze, armonic conjugată cu funcţia liniilor de curent, corespund liniilor funcţiei scurgerii de căldură. Acestea din urmă sînt ortogonale liniilor funcţiei de temperatură.

Mărimii fizice a vitezei îi corespunde în cîmpul termic mărimea fizică a intensităţii curentului de căldură. Acest lucru se poate arăta în felul următor :

Viteza $\bar{v}$ are componentele u şi v ; ele se capătă din funcţia liniilor de curent prin relaţiile

$$u = \frac{\partial f}{\partial y} \text{ şi } v = -\frac{\partial f}{\partial x} ;$$

atunci

$$\bar{v} = \bar{i}\,u + \bar{j}\,v = \left(\bar{i}\frac{\partial f}{\partial x} + \bar{j}\frac{\partial f}{\partial y}\right)\cdot\bar{k}$$

deci :

$$\bar{v} = -\bar{k}\ \text{grad}\ f.$$

In planul termic $\bar{q} = -\lambda\ \text{grad}\ t$. Făcînd analogia $f—t$, corespund şi gradienţii acestor funcţii : vectorul viteză $\bar{v}$ se află decalat cu 90° înainte faţă de vectorul $\bar{q}$, iar în modul, el este de λ ori mai mare, după cum se poate constata din relaţiile de dependenţă dintre aceştia şi funcţiile f şi t.

Analogia redată mai sus este cunoscută. Ea a fost reprodusă pentru că va sluji la rezolvarea problemei propuse şi pentru că utilizează un calcul gata făcut.

Flux constant pe perete, deci pe o linie izotermă, înseamnă în analogia termohidraulică o viteză constantă pe o linie de curent. Această cerinţă determină condiţia de contur care trebuie să se exprime identic la fenomenul hidraulic şi la cel termic. Condiţiile analogiei sînt astfel perfect determinate. Viteza constantă pe o linie de curent este o proprietate caracteristică jeturilor libere ale fluidelor fără greutate.

Şi domeniile trebuie să fie asemenea : feţele exterioare ale pereţilor făcînd un unghi de 90° şi numai feţele interioare fiind racordate şi modelul hidraulic trebuie să aibă o linie de curent

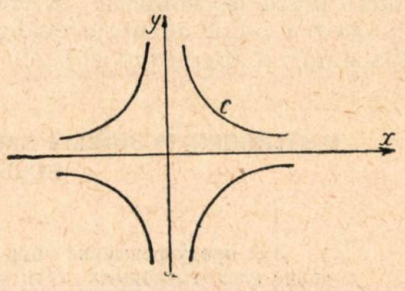


Fig. 1

frîntă la 90° iar pe cealaltă linie care limitează scurgerea, viteza să fie constantă.

Soluția exactă a acestei mișcări a fost dată în mecanica fluidelor ; în cele ce urmează ne vom referi la modelul unei astfel de mișcări construit de N. E. Jucovschi. Aplicația nr. 9 din „Lucrări științifice alese" ale lui N. E. Jucovschi, editat de Academia R.P.R., se referă la ciocnirea a două vene care poartă debite egale. In cazul cînd cele două vene care se lovesc au ax comun și sensuri diferite, liniile de curent Ox și Oy pot fi considerate drept un contur rigid iar pe linia de curent C viteza este constantă (vezi fig. 1).

Ecuațiile conturului se obțin prin integrarea relațiilor

$$dy = \frac{Q}{2\pi v}\left(\frac{1}{1-s} + \frac{1}{1+s}\right) ds$$

$$dx = -\frac{Q}{2\pi v}\left(\frac{1}{1-s} + \frac{1}{1+s}\right)\frac{ds}{s}$$

soluțiile sînt :

$$y = \frac{Q}{2\pi v} \ln \frac{1+\sin u}{1-\sin u} + C_1$$

$$x = \frac{Q}{2\pi v} \ln \frac{1+\cos u}{1-\cos u} + C_2.$$

Relațiile de mai sus sînt ecuațiile parametrice ale mișcării. Constantele C_1 și C_2 se determină prin condițiile ca pentru valorile lui u care fac pe x respectiv pe y infinit, y respectiv x să aibă valoarea d (unde d este lățimea de scurgere în zona în care mișcarea este paralelă cu axele adică la infinit) Se obține $C_1 = C_2 = d$.

Pentru a trece în cîmpul termic vom mai arăta analogia dintre debit și diferența de temperatură. Debitul Q provine din diferența a două valori a potențialului funcției liniilor de curent $f_2 - f_1 = Q$. Aceste valori corespund liniilor de curent care limitează scurgerea. Izotermele care limitează domeniul reprezintă valorile temperaturilor pe fața interioară și exterioară a peretelui.

Inlocuind debitul Q prin diferența de temperaturi $t_2 - t_1$ și viteza v prin $\frac{q}{\lambda}$, coeficientul $\frac{Q}{2\pi v}$ se transformă în $\frac{d}{2\pi}$. Prin operarea directă asupra coeficientului $\frac{Q}{2\pi v}$, scriind relația $Q = vd$, se ajunge la același rezultat.

Pentru conturul cîmpului termic căutat se obțin relațiile :

$$\frac{x}{d} = 1 + \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1+\cos u}{1-\cos u}$$

$$\frac{y}{d} = 1 + \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1+\sin u}{1-\sin u}.$$

Se observă imediat că racordarea este simetrică față de bisectoarea întîia : x capătă valorile lui y dacă în loc de u se pune $\left(\frac{\pi}{2} - u\right)$.

In fig. 2 se poate observa curba de racordare a celor doi pereți perpendiculari, construită teoretic și care se bucură de proprietatea că menține fluxul constant.

In practică însă această racordare se poate înlocui cu o altă, constructivă ; se racordează pereții cu un profil triunghiular ale cărui catete se termină în punctul unde există o diferență

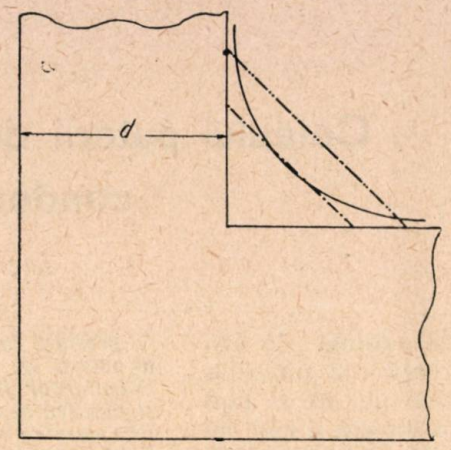


Fig. 2. Exemple de racordare pentru $p = 10\%$ și $p = 4\%$

de $p\%$ între grosimea teoretică a peretelui și peretele plan.

$$\frac{x-d}{d} = \frac{p}{100} = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1+\cos u_0}{1-\cos u_0} = -\frac{1}{\pi} \ln \operatorname{tg} \frac{u_0}{2}$$

$$u_0 = 2 \operatorname{arctg} e^{-\frac{\pi p}{100}}$$

$$D = d\left(1 + \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1+\sin u_0}{1-\sin u_0} - 1\right) = Md =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \ln \frac{1+\sin u_0}{1-\sin u_0}$$

unde, D este lungimea catetei profilului triunghiular.

Nomograma din fig. 3 servește la obținerea coeficientului M pentru un anumit procent p.

Calculul de mai sus s-a făcut în ipoteza unui perete omogen. Pentru un perete compus se va

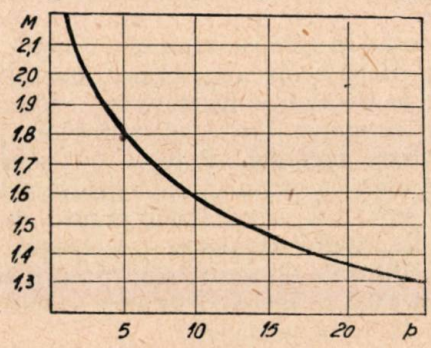


Fig. 3

lua în calcul coeficientul de conductibilitate al stratului dinspre cameră și grosimea d a acestui strat. Soluția construită satisface nu numai unei condiții Dirichlet ci și unei condiții Fourier, neomogene, de forma $t + c\frac{\partial t}{\partial n} = \text{const}$; aceasta este adevărata condiție cerută de fenomenul fizic al transmisiei căldurii pe conturul rigid. Soluția de mai sus are într-adevăr pe contur și $t = \text{const}$ și $\frac{\partial t}{\partial n} = \text{const}$. și satisface evident și condiției Fourier.

Calculul puterii de scurtcircuit prin metoda condensatorilor fictivi

Ing. Gh. STĂNESCU

Se prezintă în acest articol calculul analitic al puterii de scurtcircuit prin metoda condensatorilor fictivi, o metodă de calcul rapidă şi intuitivă. Se indică un procedeu foarte simplu prin care se face legătură între rezultatele acestui calcul şi calculul curenţilor de scurtcircuit cu ajutorul reactanţelor relative. Astfel, curenţii de scurtcircuit la diferite momente de la producerea scurtcircuitului se pot afla cu ajutorul diagramelor cunoscute.

Metoda actuală de calcul a curenţilor şi puterilor de scurtcircuit este de fapt aplicarea directă a legii lui Ohm după ce în prealabil diversele rezistenţe sau reactanţe longitudinale (în sensul parcurs de putere spre locul scurtcircuitului) s-au adunat în serie sau paralel ţinîndu-se seama de efectul tranzitoriu de variaţie a unora din ele.

Operaţia care cere un timp mai îndelungat, fără un efort matematic, este aceea de compunerea rezistenţelor şi reactanţelor în sensul celor spuse mai sus adică, aşa cum se numeşte în terminologia specifică, reducerea tuturor reactanţelor pînă la una singură.

O uşurare considerabilă este obţinută prin utilizarea valorilor relative ale reactanţelor adică raportîndu-le faţă de o sursă avînd o putere de bază şi avînd o tensiune bine stabilită. Totuşi reducerea reactanţelor, mai ales în sisteme cu centrale hidro şi termoelectrice unde variaţia în timp a reactanţelor este diferită, cere un timp destul de mare.

Se descrie, în cele ce urmează, o nouă metodă care are drept scop simplificarea operaţiilor de adunare în paralel a reactanţelor ; această metodă se numeşte „a condensatorilor fictivi".

Descrierea metodei. Puterea de scurtcircuit într-un punct oarecare al unei reţele se calculează pe baza puterii de scurtcircuit proprii, corespunzătoare diferitelor elemente (reactanţe) ale sistemului. Puterile de scurtcircuit proprii sînt mărimile cu care se lucrează în acest calcul. Ele se definesc în felul următor :

Fie un element oarecare de reţea (linie electrică, bobină de reactanţă, transformator, etc.) cu o reactanţă X, conectat la o sursă de putere infinită, cu tensiunea de borne constantă indiferent de sarcină (fig. 1). Legînd bornele B ale reactanţei în scurtcircuit, obţinem în acest punct puterea de scurtcircuit proprie P_K pentru un sistem trifazic

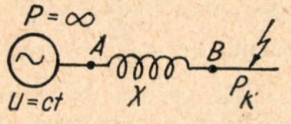


Fig. 1

$$P_K = \frac{U_n}{\sqrt{3}\,X} \qquad (1)$$

unde :

U_n este tensiunea nominală a sursei ;

X — reactanţa unei faze.

Puterile de scurtcircuit proprii P_K în MVA pentru diverse reactanţe se calculează cu următoarele formule a căror demonstraţie este simplă şi deci nu se dă :

a) pentru generator

$$P_K = \frac{P}{e_r}\,100 \qquad (2)$$

b) pentru transformator

$$P_K = \frac{P}{e_k}\,100 \qquad (3)$$

c) pentru linie

$$P_K = 1{,}1\,\frac{U^2}{X} \qquad (4)$$

d) pentru reactor

$$P_K = 1{,}1\,\frac{P_d}{e_K}\,100 \qquad (5)$$

unde :

P este puterea nominală, MVA ;

e_r — tensiunea procentuală de dispersie raportată la tensiunea nominală (12—15% din tensiunea nominală) ;

e_K — tensiunea procentuală de scurtcircuit raportată la tensiunea nominală ;

U — tensiunea reţelei, kV ;

X — reactanţa liniei, Ω ;

P_d — puterea de trecere nominală, MVA ;

e_K — căderea procentuală de tensiune reactor (raportată la tensiunea reţelei).

Pentru reactor s-a luat coeficientul 1,1 deoarece puterea lui de scurtcircuit şi puterea de trecere

se referă la tensiunea rețelei (mai joasă cu circa 5% ca tensiunea nominală).

Pentru linie apare la fel 1,1 deoarece această formulă se bazează și pe tensiunea rețelei. Cu definițiile de mai sus, calculul puterii de scurtcircuit se face astfel :

a) *Reactanțe în paralel* (fig. 2). Dacă P_{K1} și P_{K2} sînt puterile de scurtcircuit proprii ale celor

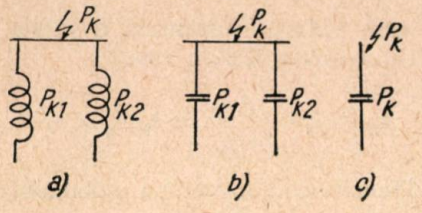


Fig. 2

două reactanțe în paralel, puterea rezultantă P_K este evident

$$P_K = P_{K1} + P_{K2}.$$

Pentru calcul, circuitul dat se poate imagina ca un circuit de capacități fictive (fig. 2, *b*), deoarece capacitatea rezultantă a condensatorilor în paralel este egală cu suma capacităților componente.

b) *Reactanțe în serie* (fig. 3). Curentul I_K prin

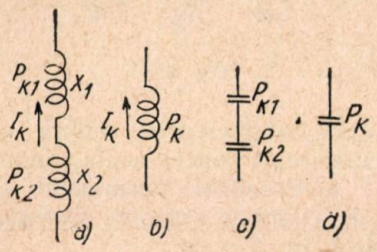


Fig. 3

cele două reactanțe în serie este dat de relația :

$$\frac{1}{I_K} = \frac{\sqrt{3}(X_1 + X_2)}{U_n} = \frac{1}{I_{K1}} + \frac{1}{I_{K2}}.$$

Inmulțind cu $\frac{1}{\sqrt{3}\,U_n}$ avem :

$$\frac{1}{P_K} = \frac{1}{P_{K1}} + \frac{1}{P_{K2}}$$

sau :

$$P_K = \frac{P_{K1} \cdot P_{K2}}{P_{K1} + P_{K2}}. \qquad (7)$$

In general, pentru N reactanțe în serie, avem :

$$\frac{1}{P_K} = \frac{1}{P_{K1}} + \frac{1}{P_{K2}} + \ldots \frac{1}{P_{KN}}.$$

Formula (7) este analogă cu formula care dă capacitatea rezultantă a doi condensatori în serie.

Pentru circuite în stea sau triunghi se fac următoarele transformări :

Transformarea din triunghi în stea :

$$P_{K1} = P_{K1} + P_{K2} + P_{K1} \cdot \frac{P_{K2}}{P_{K3}}. \qquad (8)$$

Transformarea din stea în triunghi

$$P_{K1} = \frac{P_{KI} \cdot P_{KIII}}{P_{KI} + P_{KII} + P_{KIII}}. \qquad (9)$$

Celelalte valori se obțin prin permutări circulare (fig.4).

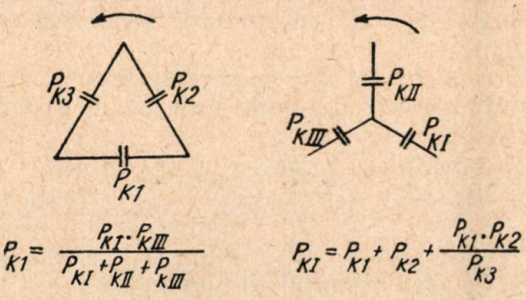


Fig. 4 — Transformarea triunghiului în stea și a stelei în triunghi

Repartiția puterilor de scurtcircuit pe centrale (fig. 5). Metoda constă în a duce puterea de scurtcircuit găsită P_K la prima ramificație a rețelei iar aici o descompunem proporțional cu puterile de scurtcircuit ale ramificațiilor respective. Notînd cu P_{KA} și P_{KB} contribuțiile celor două centrale A și B la puterea de scurtcircuit P_K și cu P_{KMA},

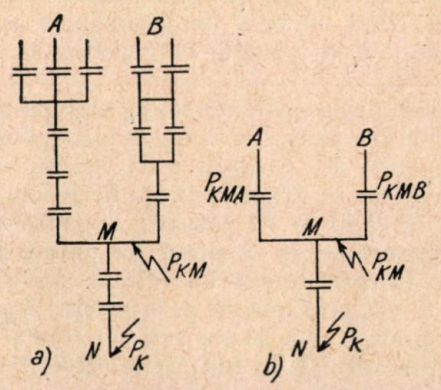


Fig. 5

respectiv P_{KMB} puterile de scurtcircuit ale celor două ramificații MA și MB ajungem la formulele :

$$P_{KA} = P_{KMA} \frac{P_K}{P_{KMA} + P_{KMB}} = P_{KMA} \frac{P_K}{\Sigma P_{KMJ}} \qquad (10)$$

$$P_{KB} = P_{KMB} \frac{P_K}{P_{KMA} + P_{KMB}} = P_{KMB} \frac{P_K}{\Sigma P_{KMJ}} \qquad (11)$$

unde în general $\Sigma P_{KMJ} = P_{KMA} + P_{KMB} + \ldots + P_{KMV}$ este suma puterilor de scurtcircuit ale tuturor ramificațiilor MJ în punctul M.

Curentul supratranzitoriu de scurtcircuit (valoarea inițială a corespondentei periodice a curentului de scurtcircuit) este dată de formula :

$$I'' = \frac{P_K}{\sqrt{3}\, U_n} \qquad (12)$$

unde P_K este puterea de scurtcircuit găsită mai sus iar U_n este tensiunea nominală a punctului de scurtcircuit (sau a oricărui alt punct prin care trece puterea P_K). Formula de mai sus este valabilă în cazul turbogeneratorilor.

Valoarea curentului de scurtcircuit la momentul $t = 0$ este $I_0 = I''$ iar puterea respectivă egală cu P_K.

Curentul de vîrf (de șoc) necesar pentru calculul eforturilor electrodinamice este dat de formula :

$$i_s = k_s \cdot \sqrt{2} \cdot I'' = k_s \cdot \sqrt{2} \cdot I_0 = k_s \cdot \sqrt{2}\, \frac{P_K}{\sqrt{3}\, U_n} \qquad (13)$$

unde :

i_s este curentul de vîrf în kA ;
P_K — puterea de scurtcircuit în MVA ;
U_n — tensiunea la locul de scurtcircuit în kV ;
k_s — coeficient de șoc. In calculele în care se neglijează rezistențele ohmice ale circuitelor (sau aproximativ care predomină reactanțele) $k_s = 1{,}8$.

Calculul curenților de scurtcircuit la diferite momente de la producerea scurtcircuitului se face utilizînd curbele de amortizare care dau coeficienții k_t în funcție de reactanțele relative X_r.

Pentru a afla coeficientul k_t, trebuie mai întîi să găsim reactanța relativă a întregului sistem în punctul de scurtcircuit. Pentru aceasta, presupunem un transformator fictiv cu puterea nominală P egală cu puterea centralei electrice și alimentat de la o sursă de putere infinită. Legînd în scurtcircuit bornele acestui transformator fictiv, pentru ca el să ia puterea P_K, tensiunea sa procentuală de scurtcircuit (egală cu reactanța procentuală în unități relative) trebuie să satisfacă relația :

$$P_K = \frac{P}{e_K}\, 100.$$

Inlocuind pe e_K cu X_r avem :

$$X_r = \frac{P}{P_K} \qquad (14)$$

unde :

X_r este reactanța relativă (exprimată zecimal) ;
P — puterea nominală a generatorilor, MVA ;
P_K — puterea de scurtcircuit în punctul respectiv, MVA.

Avînd pe X_r, din curbele de amortizare obținem pe k_t pentru t secunde de la producerea scurtcircuitului. Curbele de amortizare pe care nu le-am reprodus aici, se pot găsi în diverse manuale (a se vedea bibliografia).

Mai departe calculele se fac în modul cunoscut.

Puterea de scurtcircuit la timpul t este

$$P_{Kt} = k_t \cdot P \qquad (15)$$

unde P este puterea nominală a sursei.

Curentul corespunzător este :

$$I_{Kt} = k_t \cdot \frac{P}{\sqrt{3}\, U_n} = k_t \cdot I_n \qquad (16)$$

U_n fiind tensiunea nominală a punctului de scurtcircuit.

In cazul mai multor centrale A, B, C, a căror contribuție la puterea totală de scurtcircuit P_K este respectiv P_{KA}, P_{KB}, P_{KC} ..., vom trata fiecare din aceste componente ca un transformator fictiv (fig. 6) aplicîndu-se calculul de mai sus și

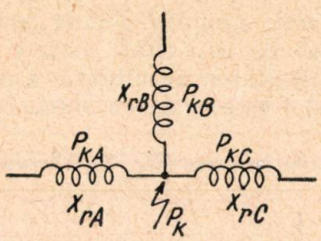


Fig. 6

însumînd apoi componentele puterii sau curentului de scurtcircuit pentru același moment.

Observații : a) Curentul permanent de scurtcircuit I_∞ îl aflăm cu ajutorul coeficientului k_∞ corespunzător lui $t = \infty$.

b) Formula (12) care dă pe I'' se mai poate transforma astfel

$$I'' = \frac{1}{\sqrt{3}\, U_n} \cdot \frac{P}{X_r} = \frac{I_n}{X_r}\,. \qquad (17)$$

c) Dacă $X_r > 3$, curentul de scurtcircuit este constant în raport cu timpul și este dat de relația (17) adică :

$$I'' = \ldots = I_\infty = \frac{I_n}{X_r} \text{ în kA}$$

unde I_n este curentul în kA corespunzător puterii nominale a sursei și tensiunii nominale la locul de scurtcircuit.

d) Dacă presupunem o linie electrică alimentată de generatorul de putere infinită, atunci :

$$X_r = \frac{P}{P_K} = \frac{\infty}{P_K} = \infty \text{ deci } I'' = I_0 = \ldots = I_\infty$$

deoarece $X_r > 3$. La același rezultat am fi ajuns ținînd seama că tensiunea sursei este constantă și deci nu avem amortizare.

e) Toate calculele de mai sus s-au referit la scurtcircuitul tripolar.

Caracteristicile metodei. *Avantajele* acestei metode de calcul sînt următoarele :

— Nu sînt necesare transformări de reactanţe la diverse tensiuni ale reţelei.

— Calculul se poate urmări şi înţelege uşor deoarece nu se lucrează cu puterea de bază P_b şi nici cu reactanţe relative care fac mai puţin intuitive mărimile cu care se lucrează.

— Formulele fiind simple, calculul poate fi efectuat rapid.

— Se poate obţine uşor limita maximă a puterii de scurtcircuit în cazul cînd nu se cunosc toate datele reţelei.

Limitele preciziei metodei sînt aceleaşi ca la celelalte metode de calcul ale curenţilor de scurtcircuit. Dacă se poate neglija rezistenţa ohmică, atunci calculul efectuat după formulele (6) şi (7) este corect din punct de vedere matematic. In cazul liniilor de secţiune mică la care rezistenţa este de acelaşi ordin de mărime cu reactanţa, aplicarea formulelor (6) şi (7) duce la rezultate aproximative. Aceasta se datoreşte faptului că în reprezentarea grafică rezistenţa şi reactanţa sînt decalate cu 90°. Un calcul corect care ar lua în considerare şi rezistenţa devine greoi chiar pentru cazurile relativ simple.

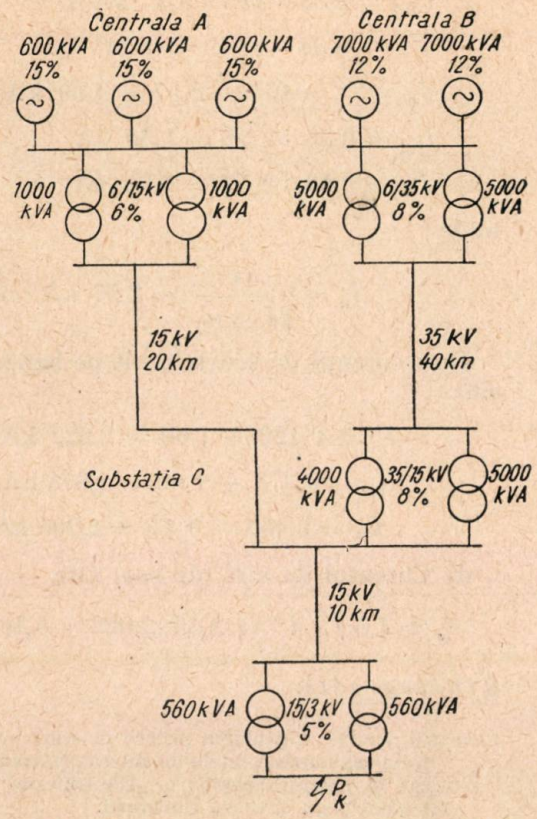


Fig. 7

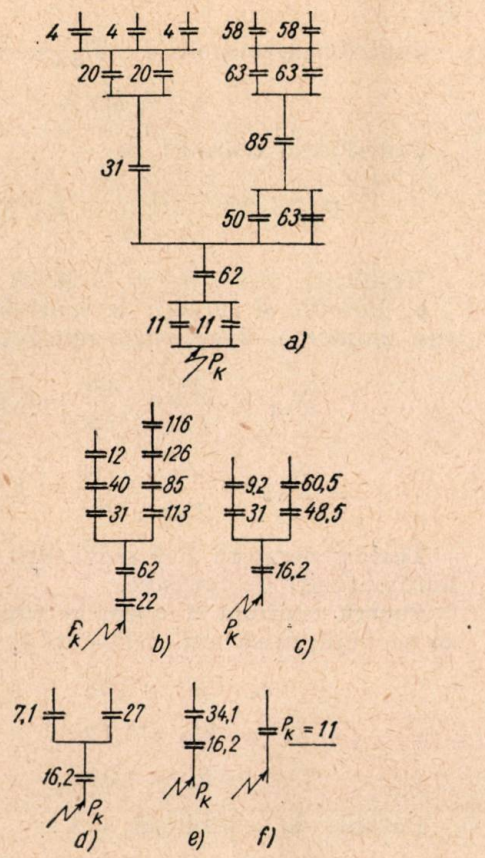


Fig. 8

*

Exemplul 1 : Se dă puterea de scurtcircuit $P_K = 40$ MVA pe barele unei substaţii. Se cere puterea de scurtcircuit la capătul unei linii aeriene de 6 kV şi 5 km lungime ce pleacă de pe aceste bare.

Puterea de scurtcircuit proprie a liniei este

$$P_K = 1{,}1 \frac{6^2}{0{,}4 \cdot 5} = 19{,}8 \text{ MVA.}$$

Avem doi condensatori fictivi în serie deci puterea de scurtcircuit la capătul liniei este :

$$P_K = \frac{40 \cdot 19{,}8}{40 + 19{,}8} = 13{,}2 \text{ MVA.}$$

Exemplul 2 (fig. 7 şi 8, *a*...,*f*). Se cere să se găsească puterea de scurtcircuit pe barele de 3 kV ale postului de transformare *D*.

a) Calculăm mai întîi puterile de scurtcircuit proprii ale diverselor elemente de reţea.

Centrala *A* :

Pentru un generator $P_K = \frac{P}{e_r} 100 =$

$$= \frac{0{,}6}{15} 100 = 4 \text{ MVA.}$$

Pentru un transformator $P_K = \frac{1}{5} 100 =$

$$= 20 \text{ MVA.}$$

Linia de 15 kV, centrala *A* — substaţia *C* :

$$P_K = 1{,}1 \frac{U^2}{X} = 1{,}1 \frac{15^2}{0{,}4 \cdot 20} = 31 \text{ MVA.}$$

Procedăm la fel cu restul elementelor reţelei iar valorile obţinute la trecem în schema capacităţilor fictive, schemă identică cu reţeaua noastră (fig. 8, *a*). Trecînd la fig. 8, *a* am înlocuit complexul de reţea cu un complex fictiv, atribuind elementelor lui anumite puteri de scurtcircuit P_K exprimate în MVA şi tratînd aceste elemente drept capacităţi.

Mai departe calculul se face uşor, pentru capacităţile în paralel aplicînd formula (6) iar pentru capacităţile în serie formula (7). Dacă avem de exemplu 4 capacităţi în serie este mai bine să le adunăm două cîte două pentru a evita greşeli la formarea combinaţiilor de produse.

Găsim $P_K = 11$ MVA (fig. 8, *f*).

b) Contribuţia centralelor la scurtcircuit (fig. 8*d*) :

Contribuţia centralei A : $P_{KA} = 7{,}1 \frac{11}{7{,}1+27} =$

$$= 2{,}3 \text{ MVA}$$

Contribuţia centralei B:

$$P_{KB} = 27 \frac{11}{7{,}1 + 27} = 8{,}7 \text{ MVA}$$

Verificare : $2{,}3 + 8{,}7 = 11$ MVA $= P_K$

c) Puterile şi curenţii de scurtcircuit la diferite momente. Reactanţele relative sînt :

$$X_{rA} = \frac{P_A}{P_{KA}} = \frac{1{,}8}{2{,}3} = 0{,}785$$

$$X_{rB} = \frac{P_B}{P_{KB}} = \frac{14}{8{,}7} = 1{,}61.$$

Turbogeneratorii sînt prevăzuţi cu regulatori automatizaţi de tensiune.

Pentru centrala A avem la timpul 0, 0,2 şi ∞ secunde următorii coeficienţi k_t

$$k_0 = k'' = 1{,}28$$

$$k_{0{,}2} = 1{,}13$$

$$k_\infty = 1{,}38.$$

Puterile de scurtcircuit sînt :

$$P_0 = P'' = k'' \cdot P_A = 1{,}28 \cdot 1{,}8 = 2{,}3 \text{ MVA}$$

$$P_{0{,}2} = k_{0{,}2} \cdot P_A = 1{,}13 \cdot 1{,}8 = 2{,}03 \text{ MVA}$$

$$P_\infty = k_\infty \cdot P_A = 1{,}38 \cdot 1{,}8 = 2{,}48 \text{ MVA},$$

iar curenţii corespunzători :

$$I_0 = I'' = k'' \cdot I_{nA} = 1{,}28 \cdot 0{,}33 = 0{,}422 \text{ kA}$$

$$I_{0{,}2} = k_{0{,}2} \cdot I_{nA} = 1{,}13 \cdot 0{,}33 = 0{,}373 \text{ kA}$$

$$I_\infty = k_\infty \cdot I_{nA} = 1{,}38 \cdot 0{,}33 = 0{,}455 \text{ kA}$$

unde :

$I_n = \frac{1{,}8}{\sqrt{3} \cdot 3{,}15} = 0{,}33$ kA (tensiunea barelor 3,15 kA).

Pentru centrala B avem analog :

$$k_0 = k'' = 0{,}62 \quad k_{0{,}2} = 0{,}58 \quad k_\infty = 0{,}68$$

$$P_0 = P'' = 0{,}62 \cdot 14 = 8{,}7 \text{ MVA}$$

$$P_{0\,2} = 0{,}58 \cdot 14 = 8{,}1 \text{ MVA}.$$

$$P_\infty = 0{,}68 \cdot 14 = 9{,}5 \text{ MVA}$$

$$I_0 = I'' = 0{,}62 \cdot 2{,}57 = 1{,}60 \text{ kA}$$

$$I_{0{,}2} = 0{,}58 \cdot 2{,}57 = 1{,}50 \text{ kA}$$

$$I_\infty = 0{,}68 \cdot 2{,}57 = 1{,}75 \text{ kA}$$

unde :

$$I_n = \frac{14}{\sqrt{3} \cdot 3{,}15} = 2{,}57 \text{ kA}.$$

Deci curenţii de scurtcircuit pe barele de 3 kV sînt :

$$I'' = 0{,}422 + 1{,}60 = 2{,}022 \text{ kA}$$

$$I_{0{,}2} = 0{,}373 + 1{,}50 = 1{,}873 \text{ kA}$$

$$I_\infty = 0{,}455 + 1{,}75 = 2{,}205 \text{ kA}$$

d) Curentul de vîrf (de şoc) este

$$i_s = 1{,}8 \sqrt{2} \cdot I'' = 2{,}55 \cdot 2{,}022 = 5{,}16 \text{ kA}$$

Bibliografie:

Stanisław Gorecki : Calcularea puterii de scurtcircuit cu ajutorul aşa numitei reţele de capacităţi, tradus şi publicat în Caietul Selectiv — „Electrificare şi electrotehnică", nr. 3/1954, Bucureşti.

*** :Sparvocinic electrica promîşlennîh predpriatii, Gosenergoizdat, 1954.

Iliescu T. : Exploatarea şi întreţinerea utilajului electric din uzini şi staţii, 1951, OPED-MEEIE.

*** : Manualul electricianului industrial, vol. II, Editura Tehnică, 1953.

★

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ МЕТОДОМ ФИКТИВНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Резюме

В этой статье представляется аналитический расчет мощности к з. посредством метода фиктивных конденсаторов — наглядного и быстрого метода расчета. Указывается очень простой способ посредством которого производится чвязка между результатами этого расчета и расчетом токов к. з. с помощью относительных реактансов. Таким образом в различные моменты к. з. токи могут быть найденны с помощью известных диаграмм.

Dispozitive feromagnetice folosite pentru măsurarea curenţilor de trăsnet

Ing. EMIL CONSTANTINESCU

In articolul de faţă sînt expuse posibilităţile de folosire ale barelor feromagnetice pentru măsurarea diferiţilor parametri ai curenţilor de trăsnet, în stadiul în care se găseşte în prezent problema. In plus se menţionează şi aplicarea acestei metode pentru măsurarea curenţilor de scurtcircuit în reţelele electrice.

Intensitatea curenţilor care intervin în descărcările atmosferice prezintă o deosebită importanţă pentru dimensionarea instalaţiilor folosite în transportul şi distribuţia energiei electrice. De aceea, pentru a se preîntîmpina producerea deranjamentelor, este de dorit ca la proiectarea unei instalaţii să se cunoască amplitudinile maxime ale curenţilor de trăsnet şi frecvenţa lor în regiunea respectivă. Măsurarea acestor curenţi se loveşte însă de serioase dificultăţi datorite următoarelor motive :

1. Curenţii de trăsnet prezintă o variaţie foarte rapidă în timp, avînd forma unei unde de şoc, al cărei front are o durată de cîteva microsecunde, iar spatele de cîteva zeci de microsecunde.

2. Intensitatea maximă a acestor curenţi atinge valori deosebit de mari, de zeci sau chiar sute de kiloamperi.

3. Măsurătorile, pentru a furniza date statistice suficient de exacte, trebuie să se întindă pe perioade lungi de timp şi să acopere suprafeţe foarte mari de teren.

Pentru măsurarea curenţilor de trăsnet au fost folosite şi se folosesc încă oscilografele, aparatele cele mai indicate pentru aceste fenomene tranzitorii rapide. Oscilografele sînt însă aparate delicate şi scumpe, a căror întrebuinţare este în general limitată în interiorul laboratorului şi care nu pot constitui un mijloc economic şi comod pentru efectuarea investigaţiilor statistice pe teren.

Clidonografele, utilizate de asemenea în acest scop, sînt aparate mult mai simple, ieftine şi care pot fi instalate uşor pe liniile electrice sau în staţii. Dezavantajul principal al acestor aparate îl constituie însă imposibilitatea de a obţine indicaţii exacte, în limitele necesare, asupra diferitelor caracteristici ale curenţilor de trăsnet.

Cele mai indicate pentru aceste măsurători sînt însă dispozitivele feromagnetice, foarte simple, foarte ieftine şi avînd o precizie suficient de mare pentru scopul urmărit.

Funcţionarea acestor dispozitive feromagnetice este determinată de efectul magnetic al curenţilor de trăsnet. Se înţelege că la intensităţi aşa de mari, ca cele care intervin în descărcările atmosferice, cîmpul magnetic produs devine deosebit de intens, chiar la distanţe mari de axa curentului. Acest lucru a fost observat şi direct : loviturile de trăsnet produc în rocile de bazalt puternice fenomene magnetice.

In cazul metodei de faţă se aşază în apropierea conductorului străbătut de curentul de şoc o mică bară cilindrică, făcută dintr-un material cu o mare remanenţă magnetică. La trecerea curentului de trăsnet se produce în jurul conductorului un puternic cîmp magnetic, a cărui intensitate poate fi determinată cu ajutorul legii Biot-Savart. Bara feromagnetică, fiind aşezată perpendicular pe direcţia conductorului, deci în lungul liniilor de flux ale cîmpului, se magnetizează şi păstrează după trecerea curentului de şoc un magnetism remanent, care depinde de intensitatea maximă a cîmpului magnetic, care la rîndul său este proporţional cu curentul. Deci în concluzie intensitatea cîmpului magnetic remanent al barei depinde de intensitatea maximă a curentului de trăsnet.

De remarcat că polaritatea cîmpului remanent depinde de sensul de scurgere al curentului, deci metoda permite să se măsoare nu numai valoarea de vîrf a curentului de trăsnet, ci şi polaritatea sa.

Această metodă de măsură a fost propusă încă din 1898 de Pockels, dar nu a început să fie studiată în detaliu şi pusă în practică decît după 1930. De atunci au fost făcute numeroase studii în U.R.S.S., Germania şi Statele Unite, care au avut ca rezultat introducerea pe o scară largă a acestei metode de măsură, cu numeroase perfecţionări. În ultima vreme, după cum vom vedea mai jos, aceste dispozitive feromagnetice au fost utilizate şi pentru măsurarea altor mărimi electrice.

Elementul principal în aceste măsurători îl formează barele feromagnetice. Materialul din care se confecţionează este un oţel magnetic, de felul celor utilizate la magneţii permanenţi.

Acest oţel trebuie să aibă o forţă coercitivă mare şi trebuie să se magnetizeze corect în intervalele de timp extrem de mici, chiar mai scurte decît o microsecundă, în care curentul de trăsnet poate să ajungă la valoarea maximă.

Din studiile făcute pînă acum s-a constatat că cele mai potrivite în acest scop sînt oţelurile cu carbon şi crom (circa 3% crom), utilizate în U.R.S.S. şi Germania şi oţelurile cu carbon şi cobalt, utilizate în America. Din cauza variaţiei foarte rapide a curenţilor de şoc, în masa barei feromagnetice apar în timpul trecerii curentului de trăsnet curenţii turbionari foarte puternici, care modifică în mare măsură procesul de magnetizare. Rezultă deci că magnetismul remanent al unei bare masive depinde nu numai de valoarea maximă a curentului, ci şi de forma curentului de şoc. Etalonarea barelor ar trebui făcută cu o undă de curent identică cu aceia a trăsnetului, care însă este necunoscută, deoarece constantele undelor de şoc datorite trăsnetului pot varia în limite foarte largi. Pentru a se evita această cauză de eroare barele masive se înlocuiesc cu pachete de sîrme sau tole subţiri sau se confecţionează din pilitură presată cu un liant. În acest mod producerea curenţilor turbionari este împiedicată, iar magnetismul remanent al unei bare este aproape acelaşi, indiferent dacă magnetizarea s-a făcut cu un curent de şoc sau în curent continuu, de egale amplitudini.

Dimensiunile necesare pentru barele feromagnetice sînt 40 — 60 mm lungime şi circa 5 — 10 mm diametru. Grosimea tolelor, diametrul sîrmelor componente sau diametrul granulelor de material magnetic trebuie să fie de cel mult 0,1 — 0,2 mm.

De remarcat că oţelurile magnetice sînt casante iar tragerea lor în sîrme şi tole subţiri este foarte dificilă. În plus prin această operaţie, ca şi prin sfărîmare de altfel, ele îşi pierd o parte din calităţile magnetice. De fapt la dimensiunile menţionate mai sus nu există în mod practic nici o diferenţă între o magnetizare în curent continuu şi o magnetizare în curent de şoc. Barele feromagnetice se închid apoi în tuburi de sticlă sau de material plastic, umplute cu parafină, pentru a fi astfel ferite de agenţii atmosferici. Aceste tuburi se fixează cu brăţări izolante pe conductorii prin care se scurg curenţii de trăsnet, sau pe picioarele stîlpilor metalici de la liniile aeriene.

De obicei pe aceeaşi brăţară se fixează două sau trei bare magnetice, la diferite distanţe de conductor, pentru a se mări astfel exactitatea şi domeniul de măsură. Într-adevăr la curenţi mari barele aşezate mai aproape de conductor ajung repede la saturaţie, din cauza cîmpului puternic, iar măsurătoarea nu mai este precisă. În acest caz barele aşezate mai departe dau încă indicaţii exacte. În acelaşi timp, barele care sînt aşezate aproape de conductor servesc însă la măsurarea curenţilor de aplitudini mai reduse, care produc un cîmp ce nu mai poate magnetiza suficient de puternic barele mai îndepărtate. De obicei barele feromagnetice se aşază la distanţe de centrul curentului, variind între 100 şi 500 mm. Curenţii care pot fi măsuraţi în bune condiţii în acest interval sînt :

$d = 100$ mm $I_{min} = 1$ kA $I_{max} = 50$ kA

$d = 300$ mm $I_{min} = 7$ kA $I_{max} = 100$ kA

$d = 500$ mm $I_{min} = 10$ kA $I_{max} = 150$ kA.

Este de observat că utilizarea mai multor bare feromagnetice în fiecare loc de măsură permite, după cum se va vedea mai jos, şi determinarea caracterului oscilant al unui curent de trăsnet.

Barele magnetice se montează de obicei pe picioarele stîlpilor metalici, pe conductorii de protecţie de la liniile aeriene şi pe conductorul de legătură la pămînt al descărcătorilor sau conductorilor de protecţie. În acest mod se pot măsura curenţii de trăsnet care trec prin fiecare din aceste elemente. Se observă că atunci cînd barele feromagnetice se montează pe unul din cele patru picioare ale unui stîlp metalic este indicat să se ţină seama şi de influenţa curenţilor care trec prin celelalte trei picioare.

Printr-un montaj potrivit al barelor feromagnetice în lungul liniilor electrice, după cum se vede din figură, ţinînd seama şi de sensul de

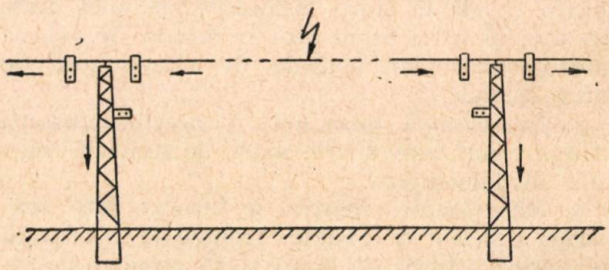


Fig. 1. Montarea barelor feromagnetice în lungul unei linii electrice, pe stîlpi şi pe conductorul de protecţie.

scurgere al curenţilor, care rezultă din polaritatea cîmpului remanent, se poate deduce locul în care s-a produs lovitura de trăsnet şi distribuţia curenţilor în diferitele părţi ale liniei (stîlpi şi conductori de protecţie).

Atunci cînd o instalaţie este prevăzută cu dispozitive feromagnetice, după fiecare furtună însoţită de descărcări electrice se verifică, cu ajutorul unui ac magnetic montat special, care dintre barele feromagnetice au fost magnetizate. Cele găsite în această situaţie se demontează, înlocuindu-se cu altele noi, şi se expediază apoi în laborator pentru a fi măsurate. Este de dorit ca în timpul transportului fiecare bară să fie protejată printr-un ecran magnetic, care constă de obicei dintr-o carcasă de fier moale. În acest fel magnetismul remanent al barei este ferit de orice influenţe perturbatoare.

Deoarece probabilitatea ca un trăsnet să lovească o instalaţie electrică este destul de mică,

numărul de bare care trebuie schimbat este în consecinţă redus. Pe baza experienţelor de pînă acum din U.R.S.S. se poate spune de exemplu că într-o regiune cu nivel keraunic mediu în cursul unui an se magnetizează şi trebuie să fie înlocuite circa 10% din barele feromagnetice cu care este echipată o linie electrică.

În laborator intensitatea cîmpului magnetic remanent al fiecărei bare se măsoară cu un

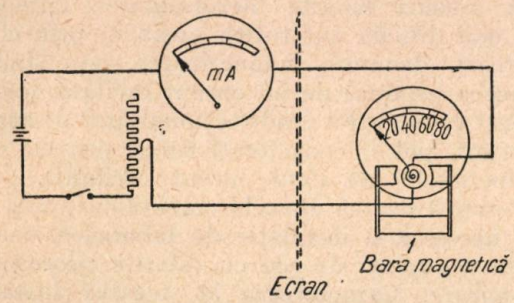


Fig. 2. Schema magnetometrului.

galvanometru balistic. Apoi bara este demagnetizată şi se remagnetizează în curent continuu, cu ajutorul unei bobine, pînă cînd capătă acelaş magnetism remanent. Curentul de trăsnet căutat se obţine apoi prin calcul luînd în considerare intensitatea curentului continuu folosit.

Această metodă de măsură este însă greoaie, deoarece trebuie să se facă o serie de manipulaţi-

curenţi unidirecţionali, fără oscilaţii, indicaţiile magnetometrului să fie direct proporţionale cu amplitudinea maximă a curentului de şoc. Se constată în acest caz că atunci cînd există montate cîte două bare feromagnetice, indicaţiile magnetometrului sînt invers proporţionale cu distanţele celor două bare de centrul curentului. Trasînd curba de variaţie a indicaţiilor magnetometrului în funcţie de distanţa barei feromagnetice de centrul curentului de trăsnet se obţine o hiperbolă, în conformitate cu legea Biot-Savart.

De multe ori însă curentul de trăsnet are un caracter oscilant, bineînţeles cu o amortizare foarte rapidă. În acest caz se constată că indicaţiile magnetometrului pentru cele două bare montate nu mai sînt invers proporţionale cu distanţa. Pentru a se putea da o soluţie şi în această situaţie s-au considerat unde de şoc tip, avînd anumite procente de amortizare (procentul de amortizare este definit prin raportul amplitudinilor a două semiperioade consecutive). Dacă magnetizarea unui sistem de două bare feromagnetice este produsă de o astfel de undă de curent oscilantă, se observă că bara mai apropiată (interioară) se demagnetizează mult mai intens decît bara mai depărtată de centrul curentului (bara exterioară). Dacă procentul de amortizare este suficient de mare, apropiat de unitate, bara interioară poate să capete chiar o magnetizare inversă. Explicaţia

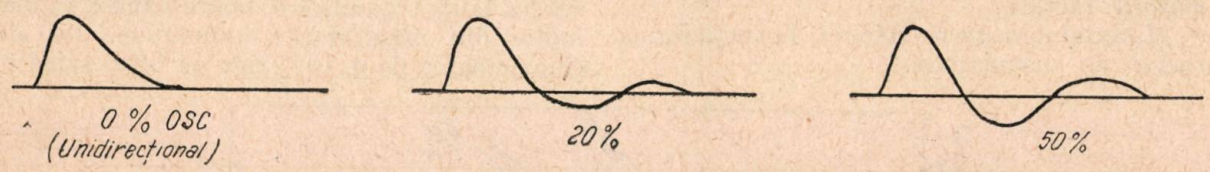


Fig. 3. Unde de şoc cu diferite procente de amortizare.

uni cu galvanometrul balistic. De aceea în practică s-au introdus alte metode mult mai expeditive şi aproape tot atît de axacte. Mărimea cîmpului magnetic remanent se măsoară cu un aparat special, magnetometrul, de construcţie foarte simplă, tip cu bobină mobilă (d'Arsonval)

Magnetometrul consistă dintr-o baterie, un miliampermetru şi un reostat, cu ajutorul căruia se poate regla curentul ce trece prin bobina mobilă. Aceasta este montată între două piese polare, care sînt fabricate de preferinţă din permaloi. Bara feromagnetică magnetizată se montează pe capac, astfel încît furnizează un cîmp magnetic între cele două piese polare şi pune astfel în mişcare bobina mobilă. Reostatul serveste pentru reglarea curentului care circulă prin bobina mobilă la valoarea prescrisă.

Din indicaţiile magnetometrului se poate obţine apoi direct curentul de trăsnet, cu ajutorul unor abace construite pe baza curbei de magnetizare a materialului respectiv din care sînt făcute barele feromagnetice. De obicei cadranul magnetometrului se gradează astfel încît pentru acestui fenomen rezultă imediat din curbele de magnetizare ale materialului.

Este clar că în cazul curenţilor de trăsnet cu caracter oscilant, pentru a se putea determina amplitudinea maximă a curentului şi eventual procentul de amortizare este necesar să fie montate cel puţin două bare feromagnetice, la distanţe diferite de centrul curentului.

Pe baza a numeroase experienţe făcute pentru a se determina curbele de magnetizare, se pot trasa abace cu ajutorul cărora să se găsească intensitatea căutată a curentului de şoc. În abacă se intră cu două mărimi cunoscute: indicaţia magnetometrului pentru una dintre bare (de exemplu cea interioară) şi raportul indicaţiilor magnetometrului pentru cele două bare feromagnetice. Se obţin imediat din abacă curentul maxim al undei de şoc şi procentul de amortizare. Atunci cînd raportul indicaţiilor magnetometrului este egal cu raportul distanţelor, descărcarea a fost unidirecţională (fără oscilaţii). Bineînţeles că această abacă se trasează pentru un anumit material magnetic şi

pentru anumite distanțe ale celor două bare feromagnetice de centrul curentului.

În rezumat se poate spune că magnetismul remanent al unei bare feromagnetice, rezultat

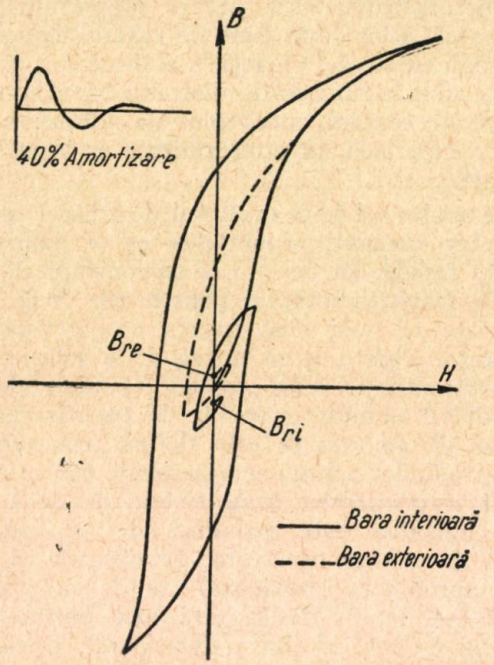


Fig. 4. Magnetizarea barelor datorită undelor oscilante.

în urma trecerii unui curent de șoc, depinde de următorii factori:

— Materialul magnetic al barei, în speță forma curbelor de magnetizare.

— Distanța barei de centrul curentului.

— Amplitudinea maximă a curentului.

— Procentul de amortizare al undei de șoc.

O oarecare influență o are și mărimea și forma secțiunii conductorului (rotundă, fier cornier etc.).

Se întîmplă uneori ca în timpul unei furtuni o bară feromagnetică să fie supusă la doi curenți de trăsnet consecutivi. În acest caz determinarea mărimii și polarității curenților de șoc sau stabilirea locului de cădere al trăsnetului se face mult mai greu, dar în general este posibilă, studiind barele magnetice montate pe conductorul de protecție și stîlpi pe o lungime mai mare a liniei. Dacă cei doi curenți au avut același sens, magnetismul remanent al barelor corespunde, cu suficientă aproximație, curentului de amplitudine maximă. Dacă cei doi curenți au avut sensuri diferite determinarea curenților este mai dificilă dar totuși posibilă, prin cîteva încercări, deoarece magnetizarea este similară cu aceea produsă de un curent oscilant (cei doi curenți consecutivi unidirecționali dar de sensuri contrarii, pot fi considerați drept primele două semiperioade ale unui curent oscilant).

Pentru trasarea abacelor menționate mai sus, este necesară o instalație de laborator, care să producă curenți de șoc cu diferite procente de amortizare. Caracteristic la această instalație este faptul că diferitele conducte prin care circulă curentul trebuie să fie astfel aranjate, încît să nu genereze cîmpuri magnetice de aceiași direcție cu bara feromagnetică, pentru a nu falsifica rezultatele.

Întrebuințînd această metodă de măsură se pot determina amplitudinile maxime ale curenților de trăsnet, cu erori cuprinse între $\pm$ 10%. În condiții speciale, la unde de șoc neoscilante și utilizînd pentru determinarea magnetismului remanent galvanometrul balistic, eroarea poate scădea la $\pm$ 1%, adică o eroare admisă în foarte multe din măsurătorile industriale. De altfel chiar eroarea de $\pm$ 10% este cu totul suficientă,

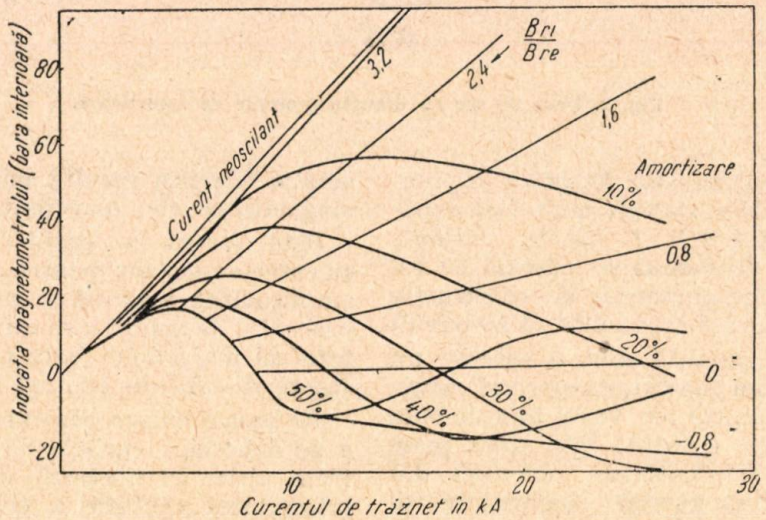


Fig. 5. Abacă pentru calculul caracteristicilor curentului de trăsnet.

față de scopul urmărit în aceste măsurători. Principalele cauze care introduc erori în această metodă de măsură și care trebuie să fie avute în vedere la construirea acestor dispozitive feromagnetice sînt următoarele:

1. Diferențele care există între curbele de magnetizare ale barelor feromagnetice dintr-un lot de încercare și curba de magnetizare medie

cu care s-a făcut etalonarea. Reamintim că aceste diferenţe provin nu numai din cauza neomogenităţii compoziţiei materialului, dar şi din diferenţe de prelucrare.

Aceste erori pot fi înlăturate atunci cînd măsurarea cîmpului magnetic remanent se face cu galvanometrul balistic, tratîndu-se fiecare bară în parte.

2. Diferenţe şi imperfecţiuni în construcţia magnetometrelor, în ceea ce priveşte circuitul magnetic şi gradaţiile scalei.

Aceste defecte pot apare mai ales în timpul unei fabricaţii în serie.

3. Lipsa de precizie în montajul barelor feromagnetice adică în păstrarea distanţelor pres-

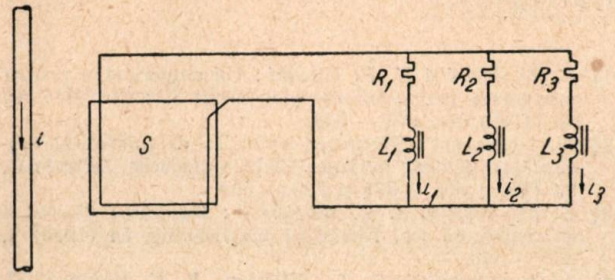


Fig. 6. Schema instalaţiei folosite pentru măsurarea pantei frontului la curenţii de trăsnet.

crise faţă de centrul curentului, distanţe pe baza cărora au fost construite abacele de etalonare.

4. Influenţe perturbătoare locale : de exemplu la o linie aeriană se va evita aşezarea barelor feromagnetice astfel, încît curentul care curge prin stîlp să influenţeze barele montate pe conductorul de protecţie, în apropiere de vîrful stîlpului.

Pornind de la constatarea că aceste dispozitive feromagnetice pot măsura ori ce altă mărime, a cărei valoare depinde de valoarea maximă a unui curent tranzitoriu, în ultima vreme în U.R.S.S. domeniul lor de aplicaţie a fost mult extins.

Astfel ele pot servi la măsurarea pantei maxime, deci panta frontului la o undă de curent de şoc. În acest scop se montează în apropierea conductorului o bobină S de suprafaţă mare, traversată de fluxul produs de curentul de şoc ce trece prin conductor. Forţa electromotoare indusă în bobina S este maximă atunci cînd $\frac{d\varphi}{dt}$ este maxim, decît atunci cînd $\frac{di}{dt}$ este maxim, deci cînd curentul de şoc are panta maximă. Conductorul care formează spirele bobinei se închide pe cîteva mici bobine L montate în paralel, fiecare în serie cu o rezistenţă. În interiorul acestor bobine se găseşte cîte o bară feromagnetică, ce se magnetizează corespunzător curentului de trecere prin bobină, deci valorii forţei electromotoare induse. Deoarece însă după ce curentul de trăsnet a trecut prin valoarea maximă şi începe să descrească forţa electromotoare indusă în bobina S schimbă de semn, curenţii care magnetizează barele feromagnetice nu sînt unidirecţionali. De aceea, pentru a putea interpreta în mod just rezultatele, este necesar să se monteze mai multe bare feromagnetice (două sau trei), magetizate fiecare prin cîte o mică bobină L în serie fiecare cu cîte o rezistenţă diferită, pentru ca astfel curenţii care magnetizează barele să fie proporţionali cu $\frac{d\varphi}{dt}$ dar să aibă intensităţi diferite. Este de remarcat că stabilind amplitudinile maxime ale celor doi curenţi de sensuri contrarii care magnetizează succesiv barele se pot determina nu numai panta frontului la curentul de trăsnet, dar şi panta maximă a spatelui, stabilindu-se astfel forma generală a undei.

În mod analog se poate măsura şi panta maximă a undelor de tensiune de şoc. În acest caz însă curentul care serveşte pentru magnetizarea barelor nu este curentul indus în bobina S, ci curentul care trece printr-un condensator C montat în derivaţie între conductorul pe care vine unda de supratensiune şi pămînt. Metoda de măsurare se bazează pe relaţia :

$$\frac{dU}{dt} = \frac{i_c}{C}$$

Este de remarcat că în acest scop pot fi folosiţi condensatorii de înaltă tensiune necesari pentru instalaţiile de telecomunicaţii în înaltă frecvenţă.

Un alt dispozitiv, pus recent la punct în U.R.S.S. pentru utilizarea industrială, permite măsurarea curenţilor de scurtcircuit din sistemele electrice, valori maxime sau curenţi de scurtcircuit de

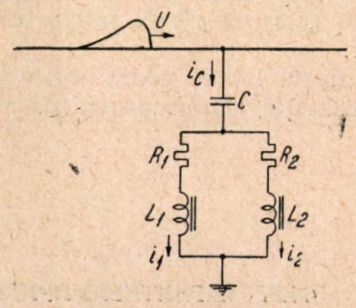


Fig. 7. Schema instalaţiei folosite pentru măsurarea pantei frontului la undele de supratensiune.

durată, tot cu ajutorul dispozitivelor feromagnetice.

În acest scop curentul dat de reductorii de intensitate montaţi pe fiecare fază este redresat în ambele sensuri şi apoi trecut prin bobinele *2* şi *3* în interiorul cărora se găseşte cîte o bară feromagnetică. Bobinele *2* măsoară curentul maxim de scurtcircuit şi anume amplitudinea maximă pentru fiecare alternanţă. Bobina *3* este însă în momentul iniţial scurtcircuitată şi este introdusă în circuit, cu ajutorul unui releu adecuat, numai după ce curentul de scurtcircuit a atins valoarea de durată. În acest mod bobina *3* măsoară amplitudinea curentului de scurtcircuit de durată.

Acest gen de aparate pot fi utilizate în acelaşi mod pentru măsurarea curenţilor de pornire

la motoarele electrice sau pentru măsurarea curenţilor de şoc absorbiţi de dispozitivele de acţionare ale întrerupătorilor de înaltă tensiune.

În concluzie se poate spune că dispozitivele feromagnetice pot fi utilizate în cele mai bune condiţii pentru măsurarea curenţilor de trăsnet. Răspîndirea lor din ce în ce mai mare este datorită numeroaselor avantajii pe care le prezintă, printre care citǎm :

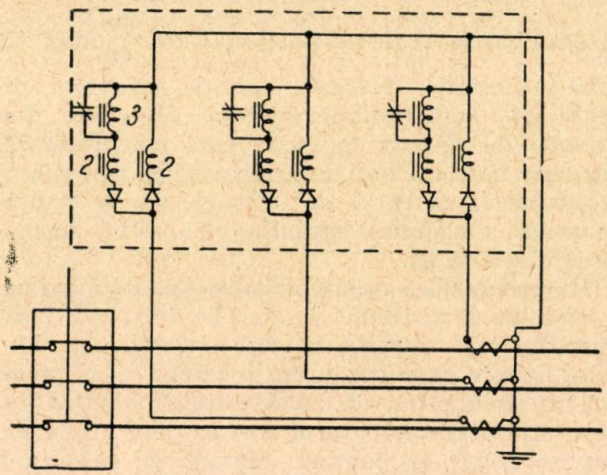


Fig. 8. Schema instalaţiei folosite pentru măsurarea amplitudinii curenţilor de scurtcircuit.

1. Este o metodă de măsură directă.

2. Dispozitivele feromagnetice sînt foarte simple şi ieftine, deci pot fi întrebuinţate pentru investigaţii pe scară întinsă.

3. Aceste dispozitive pot fi montate foarte uşor, fără să conturbe cît de puţin funcţionarea instalaţiilor.

4. Cu ajutorul lor se poate măsura, cu suficientă aproximaţie, amplitudinea curentului, procentul de amortizare al undei de şoc, polaritatea, panta maximă, etc.

5. Acelaş dispozitiv poate fi întrebuinţat, după demagnetizare, de mai multe ori.

De asemeni datorită avantajiilor pe care le prezintă, enumerate mai sus, astăzi barele feromagnetice sînt folosite nu numai pentru măsurarea diferitelor caracteristice ale undelor de curent şi tensiune date de trăsnet, dar şi pentru măsurători pe scară largă în alte fenomene în care intervin curenţi avînd în general o formă aperiodică, unidirecţională sau oscilantă amortizată.

Bibliografie

[1] *C. M. Foust* şi *H. P. Kuenhi* : Un ampermetru pentru măsurarea curenţilor de şoc, G-ral Electric Review, 35 (1932) dec. 644 — 648.

[2] *H. Grűnewald* : Măsurarea curenţilor de trăsnet la descărcători şi linii aeriene, Elektrotehnische Zeitschrift, 24 (1934) 505 — 508 şi 536 — 539.

[3] *C. M. Foust* şi *J. T. Henderson* : Măsurarea directă a curenţilor de şoc, Electrical Engineering, 54 (1935) 4, 373 — 378.

[4] *L. I. Sirotinski, A. V. Efrimov, V. K. Kojuhov, G. A. Lebedev* şi *S. S. Gorodeţki* : Tehnica tensiunilor înalte, sub redacţia prof. L. I. Sirotinski, vol. II,pag.172 — 176, Gosizdat, Leningrad 1939.

[5] *A. Roth* : Tehnica tensiunilor înalte, pag. 392— 393, Springer, Viena 1950.

[6] *W. W. Lewis* : Protecţia sistemelor de transmisie a energiei electrice împotriva trăsnetului, pag. 80 — 103 John Wiley et Sons, New-*York*, 1950.

[7] *A. A. Akopian, G.V. Butkevici, L. F. Dmohovskaia, E. S. Kuharkin, G. A., Lebedev, D. V. Razevig, A. S. Sergheev, L. I. Sirotinski* :Tehnica tensiunilor înalte, sub redacţia prof. *L. I. Sirotinski*, vol. II, pag. 183 — 186, Gosenergoizdat, Moscova 1950.

[8] *V. V. Gusev* : Aparate feromagnetice pentru măsurarea amplitudinilor curenţilor de scurtcircuit, Electriceskie Stanţii, (1951) 3, 60 — 61.

★

ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЛНИЕВЫХ ТОКОВ

Резюме

В настоящей статье излагаются возможности измерения различных параметров молниевых токов, при теперешней стадии вопроса. Кроме того отмечается применение этого метода ипри измерении токов к. з. в электросетях.

Consideraţii asupra calculului static al galeriilor de aducţiune cu cămăşuială de beton simplu armat

Ing. A. FILOTTI

Plecînd de la ipotezele de bază ale teoriei elasticităţii, se stabilesc formulele de bază pentru calculul galeriilor de aducţiune cu cămăşuială de beton simplu armat. Se indică atît rezistenţele cît şi deformaţiile care apar datorită împingerii apei şi se compară rezultatele obţinute cu cele ale formulei simplificate a lui Feodorov.

In galeriile de aducţiune supuse la presiuni de peste 10—20 m coloană de apă, se utilizează în mod frecvent căptuşelile din beton simplu sau dublu armat (fig. 1).

Formulele de calcul existente fac o serie de aproximaţii şi ipoteze simplificatoare, care în unele cazuri dau naştere la erori importante.

Trebuie menţionat aici că un calcul exact nu se poate face din cauza caracteristicilor materialelor care nu sînt constante. Astfel, în ipotezele pentru stabilirea formulelor, roca este considerată

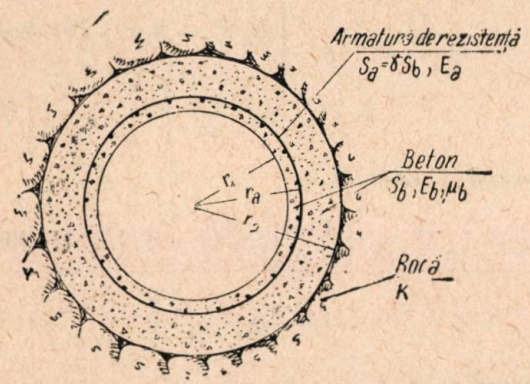


Fig. 1

un mediu omogen, izotrop infinit. In realitate, roca este departe de a fi omogenă sau izotropă, fiind străbătută de o serie de fisuri, stratificaţii etc., iar betonul nu are nici el caracteristice elastice constante, modulul de elasticitate introdus prin normele de calcul fiind doar o valoare medie a acestuia.

Pentru o mai mare exactitate se recomandă executarea de probe asupra rocii şi betonului; totuşi şi în acest caz coeficientul de siguranţă trebuie mărit faţă de cel al construcţiilor la care se pot stabili exact încărcarea şi eforturile.

Exceptînd aceste aproximaţii, se indică mai jos o metodă de calcul static al acestor galerii, bazată pe teoria stării limită (metoda la rupere) şi se compară rezultatele obţinute astfel cu cele obţinute prin formulele de calcul din normele T.U. şi N (formulele lui Feodorov) şi cu cele obţinute de baza ecuaţiilor de deformaţii fără a face ipotezele simplificatoare ale lui Feodorov.

In deducerile de mai jos se utilizează următoarele notaţii:

r_1, r_2 — razele interioară şi exterioară a cămăşuelii de beton;

r_a — raza armăturii;

$t_0 = \frac{r_a}{r_1}$ — raportul dintre raza armăturii şi raza interioară a cămăşuelii de beton;

$t = \frac{r_2}{r_1}$ — raportul dintre raza exterioară şi cea interioară a cămăşuelii de beton;

$t_1 = \frac{r_2}{r_a}$ — raportul dintre raza exterioară a cămăşuelii de beton şi raza armăturii;

$h_a = r_2 - r_a$ — grosimea stratului de beton dintre armătură şi rocă;

Δh_a — variaţia grosimii h_a;

S_b, S_a — secţiunea de beton şi de armătură;

$\xi = \frac{S_a}{r_a}$ — raportul dintre secţiunea de armătură şi raza armăturii;

$\gamma = \frac{S_a}{S_b}$ — factorul de armare;

E_b, E_a, E_r — modulul de elasticitate al betonului, armăturii şi rocii;

K — rezistenţa elastică a rocii;

K_{echiv} — rezistenţa elastică a unui mediu omogen izotrop, infinit, care are aceeaşi deformaţie în punctul de rază r_i cu ansamblul cu care este echivalent;

σ_a, σ_b — rezistenţa în armătură şi beton;

σ_c — limita de curgere a armăturii;

R_b — rezistenţa de rupere la întindere a betonului;

σ_r, σ_t — rezistenţele pe direcţia razei, respectiv tangentei;

k — coeficientul de siguranţă;

k_f — coeficientul de siguranţă la fisurare;

μ_b, μ_r — coeficientul lui Poisson al betonului şi rocii;

p — presiunea interioară a apei;

p_r — presiunea interioară în punctul de rază r;

p_a — presiunea interioară asupra armăturii;

q_a — presiunea exterioară asupra armăturii;

p' — presiunea interioară asupra armăturii, stratului exterior de beton şi rocii;

p'' — presiunea interioară asupra stratului exterior de beton şi rocii;

N — efortul total preluat de cămăşuiala de beton armat;

N_a — efortul preluat de armătură;

N_b — efortul preluat de beton;

ε_a, ε_b — deformaţia specifică a armăturii şi a betonului;

$(\varepsilon_{r_a})_1$ — deformaţia specifică a stratului de beton din interiorul armăturii în punctul de rază r_a;

$(\varepsilon_{r_a})_2$ — deformaţia specifică a stratului de beton din exteriorul armăturii în punctul de rază r_a;

$(\varepsilon_{r_a})_a$ — deformația specifică a armăturii în punctul de rază r_a;
ε_r, ε_t — deformația specifică pe direcția razei și tangentei;
u_a, u_b — deformația armăturii și betonului;
u_{r_2}, u_{r_a}, u_{r_1} — deformația în punctele de rază r_2, r_a, r_1.

Formule de bază

Pentru studiul diferitelor cazuri de galerii se vor analiza întîi formulele teoretice pentru două cazuri de bază; cazul unui inel supus presiunii interioare p_1 și presiunii exterioare p_2 (problema lui Lamé) și cazul unui inel înconjurat de un mediu elastic infinit supus presiunii interioare p_2 (problema lui Galerkin).

a) **Calculul elastic al unui inel supus presiunii interioare p_1 și presiunii exterioare p_2** (problema lui Lamé). Fie un inel de rază interioară r_i și raza exterioară r_e supus celor două presiuni (fig. 2). Se

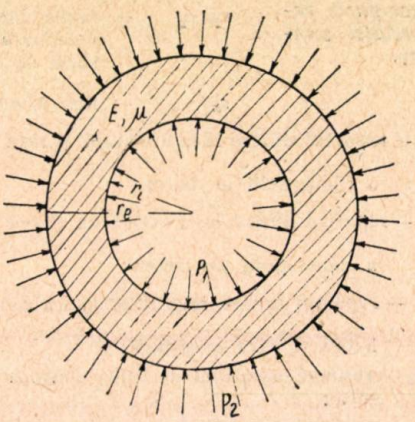


Fig. 2

pune problema determinării eforturilor și deformațiilor.

Ecuațiile de bază sînt pentru starea de deformație plană:

Ecuațiile statice

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_t}{r} = 0. \tag{1}$$

Ecuațiile geometrice

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r} \tag{2/1}$$

$$\varepsilon_t = \frac{u}{r} \tag{2/2}$$

Ecuațiile fizice

$$\sigma_r = \frac{E}{1-\mu-2\mu^2}\left[(1-\mu)\,\varepsilon_r + \mu\varepsilon_t\right] \tag{3/1}$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1-\mu-2\mu^2}\left[(1-\mu)\,\varepsilon_t + \mu\,\varepsilon_r\right]. \tag{3/2}$$

Inlocuind ecuațiile (2) în (3) și apoi în (1) rezultă ecuația diferențială:

$$r^2\frac{d^2u}{dr^2} + r\frac{du}{dr} - u = 0, \tag{4}$$

Soluția va fi de forma:

$$u = Ar + \frac{B}{r}. \tag{5}$$

Prin substituirea în aceeași ordine ca mai sus rezultă expresiile eforturilor funcție de A și B. Determinarea constantelor A și B se face punînd condițiile la limită:

$$\text{pentru } r = r_i \qquad \sigma_r = -p_1$$
$$\text{pentru } r = r_e \qquad \sigma_r = -p_2 \tag{6}$$

Rezultă:

$$A = -\frac{p_2 r_e^2 - p_1 r_i^2}{r_e^2 - r_i^2}\,\frac{1-\mu-2\mu^2}{E} \tag{7/1}$$

$$B = -(p_2 - p_1)\frac{r_i^2 r_e^2}{r_e^2 - r_i^2}\,\frac{1+\mu}{E} \tag{7/2}$$

Cu aceste expresii ale constantelor se obțin:

Deformațiile specifice

$$\varepsilon_t = -\frac{1}{r_e^2 - r_i^2}\,\frac{1+\mu}{E}\left[(p_2 r_e^2 - p_1 r_i^2)(1-2\mu) + (p_2 - p_1)\frac{r_i^2 r_e^2}{r^2}\right] \tag{8/1}$$

$$\varepsilon_r = -\frac{1}{r_e^2 - r_i^2}\,\frac{1+\mu}{E}\left[(p_2 r_e^2 - p_1 r_i^2)(1-2\mu) + (p_2 - p_1)\frac{r_i^2 r_e^2}{r^2}\right] \tag{8/2}$$

Deformația radială

$$u = -\frac{1}{r_e^2 - r_i^2}\,r\,\frac{1+\mu}{E}\left[(p_2 r_e^2 - p_1 r_i^2)(1-2\mu) + (p_2 - p_1)\frac{r_i^2 r_e^2}{r^2}\right]. \tag{9}$$

Eforturile

$$\sigma_t = -\frac{p_2 r_e^2 - p_1 r_i^2 - (p_2 - p_1)\,\dfrac{r_i^2 r_e^2}{r^2}}{r_e^2 - r_i^2} \tag{10/1}$$

$$\sigma_r = -\frac{p_2 r_e^2 - p_1 r_i^2 + (p_2 - p_1)\,\dfrac{r_i^2 r_e^2}{r^2}}{r_e^2 - r_i^2}. \tag{10/2}$$

b) **Calculul elastic al unui inel înconjurat de un mediu elastic infinit, supus presiunii interioare p_2.** Fie un inel de rază interioară r_i și de rază exterioară r_e înconjurat de un mediu elastic cu rezistența elastică K (fig. 3).

Pentru determinarea eforturilor și deformațiilor se pleacă de la aceleași ecuații de bază ca mai sus (1), (2) și (3) de unde rezultă pentru deformație o expresie de forma:

$$u = Cr + \frac{D}{r} \tag{11}$$

Constantele C şi D se determină punînd condiţiile la limită :

Pentru $r = r_i \quad \sigma_r = -p_2$

Pentru $r = r_e \quad \sigma_r = -Ku_{r_e} = -K\left(Cr_e + \frac{D}{r_e}\right)$ (12)

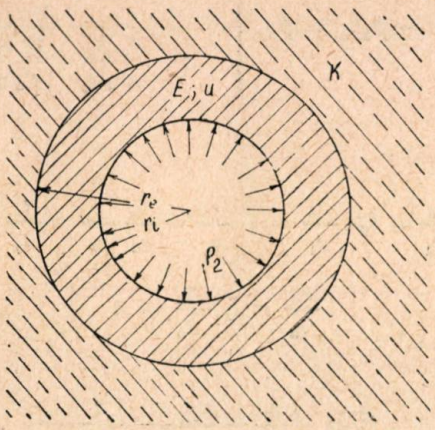


Fig. 3

Rezultă :

$$C = -\frac{p_2(1-\mu-2\mu^2)\left[1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)\right]}{E\left\{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r_i^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]\right\}} \quad (13/1)$$

$$D = -\frac{p_2 r_e^2(1+\mu)\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]}{E\left\{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r_i^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]\right\}} \quad (13/2)$$

Cu aceste valori ale constantelor se obţin :

Deformaţiile specifice

$$\varepsilon_t = -p_2 \frac{(1-\mu-2\mu^2)\left[1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)\right]+\frac{r_e^2}{r^2}(1+\mu)\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]}{E\left\{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r_i^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]\right\}} \quad (14/1)$$

$$\varepsilon_r = -p_2 \frac{(1-\mu-2\mu^2)\left[1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)\right]-\frac{r_e^2}{r^2}(1+\mu)\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]}{E\left\{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r_i^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]\right\}} \quad (14/2)$$

Deformaţia radială

$$u = -p_2 r \frac{(1-\mu-2\mu^2)\left[1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)\right]+\frac{r_e^2}{r^2}(1+\mu)\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]}{E\left\{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r_i^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]\right\}} \quad (15)$$

Eforturile

$$\sigma_r = -p_2 \frac{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]}{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r_i^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]} \quad (16/1)$$

$$\sigma_t = -p_2 \frac{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)+\frac{r_e^2}{r^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]}{1-\frac{Kr_e}{E}(1+\mu)-\frac{r_e^2}{r_i^2}\left[1+\frac{Kr_e}{E}(1-\mu-2\mu^2)\right]} \quad (16/2)$$

Calculul eforturilor în galerii cu cămăşuială de beton simplu armat

a) **Calculul secţiunii armăturii.** In calculul galeriilor se face ipoteza că în cazul fisurării betonului, efortul de tensiune dat de presiunea apei din interior, trebuie preluat de armătură.

In cazul neglijării deformaţiei stratului de beton (care după fisurare poate fi considerat ca fiind compus din bolţari) Feodorov indică formula :

$$\sigma_a = p \frac{r_1 E_a}{E_a S_a + K r_2 r_a}. \quad (17)$$

De aici notînd $\sigma_a = \sigma_c/k$ unde σ_c este limita de curgere a oţelului şi k coeficientul de siguranţă, $\xi = S_a/r_a$ şi $t_0 = r_a/r_1$, rezultă :

$$\xi = \frac{pk}{\sigma_c t_0} - \frac{Kr_2}{E_a}. \quad (18)$$

In caz că nu se neglijează deformaţia bolţarului, formula de mai sus nu mai este valabilă.

Se consideră p_2 presiunea preluată de rocă (fig. 4).

Deformaţia la intradosul rocii (extradosul cămăşuielii) va fi :

$$u_{r_2} = \frac{p_2}{K}. \quad (19)$$

Notînd cu h_a grosimea $r_2 - r_a$ şi cu Δh_a variaţia acestei grosimi, rezultă pentru deplasarea armăturii :

$$u_{r_a} = \frac{p_2}{K} + \Delta h_a. \tag{20}$$

Se consideră un inel de grosimea dh aşezat la distanţa r de centru. Avînd în vedere că betonul

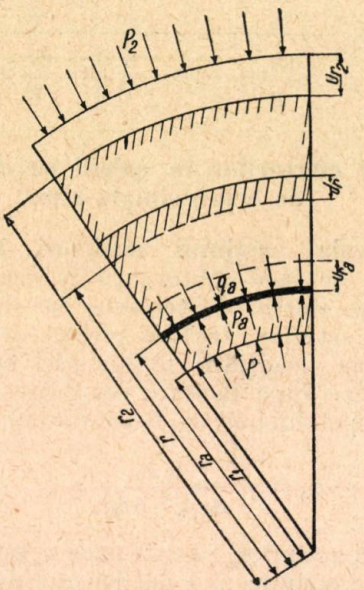


Fig. 4

nu poate prelua nici o sarcină, presiunea pe acest inel va fi :

$$p_r = \frac{p_2 r_2}{r}. \tag{21}$$

Variaţia grosimii inelului va fi :

$$d\Delta h = \frac{p_r dr}{E_b} = \frac{p_2 r_2}{E_b} \frac{dr}{r}. \tag{22}$$

Integrînd pe întreg intervalul de la r_a la r_2

$$\Delta h_a = \frac{p_2 r_2}{E_b} \int_{r_a}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{p_2 r_2}{E_b} \ln \frac{r_2}{r_a}. \tag{23}$$

Pe de altă parte notînd p_a presiunea interioară asupra armăturii şi q_a cea exterioară asupra armăturii unde

$$p_a = p \frac{r_1}{r_a} \quad \text{şi} \quad q_a = p_2 \frac{r_2}{r_a} \tag{24}$$

rezultă :

$$u_{r_a} = \frac{(p_a - q_a) r_a^2}{E_a S_a} = \frac{(p r_1 - p_2 r_2) r_a}{E_a S_a}. \tag{25}$$

Înlocuind relaţiile (23) şi (25) în (20) rezultă :

$$p \frac{r_1 r_a}{E_a S_a} = p_2 \left[\frac{1}{K} + \frac{r_2 r_a}{E_a S_a} + \frac{r_2}{E_b} \ln \frac{r_2}{r_a} \right]. \tag{26}$$

De unde :

$$p_2 = p \frac{r_1}{r_2} \frac{1}{1 + \frac{E_a S_a}{K r_a r_2} + \frac{E_a S_a}{E_b r_a} \ln \frac{r_2}{r_a}}. \tag{27}$$

Trecînd la dimensionarea armăturii, avînd în vedere că :

$$N = p r_1 - p_2 r_2 = p r_1 \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{E_a S_a}{K r_a r_2} + \frac{E_a S_a}{E_b r_a} \ln \frac{r_2}{r_a}} \right] \tag{28}$$

şi notînd :

$$\frac{r_a}{r_1} = t_0 ; \frac{r_2}{r_1} = t \quad \frac{r_2}{r_a} = \frac{r_2}{r_a} \frac{r_1}{r_a} = \frac{t}{t_0} ;$$

$$\frac{S_a}{r_a} = \xi ; \frac{E_a}{E_b} = n$$

rezultă :

$$\xi = \frac{k p}{\sigma_c t_0} - \frac{K r_2}{E_a} \frac{1}{1 + \frac{K r_2}{E_b} \ln \frac{r}{t_0}}. \tag{29}$$

Ştiind că secţiunea de beton este $S_b = (r_2 - r_1) l$, rezultă pentru o lungime l unitară, un coeficient de armare :

$$\gamma = \frac{S_a}{r_2 - r_1} = \xi \frac{t_0}{t-1} \tag{30}$$

De unde rezultă în ipoteza neglijării comprimării bolţarului (formula Feodorov)

$$\gamma = \frac{1}{t-1} \left[\frac{k}{\sigma_c} p - \frac{K r_2}{E_a} t_0 \right] \tag{31}$$

iar prin metoda exactă :

$$\gamma = \frac{1}{t-1} \left[\frac{k}{\sigma_c} p - \frac{K r_2}{E_a} \frac{t_0}{1 + \frac{K r_2}{E_b} \ln \frac{t}{t_0}} \right] \tag{32}$$

sau :

$$\frac{k_p}{\sigma_c} = (t-1)\gamma + \frac{K r_2}{E_a} \frac{t_0}{1 + \frac{K r_2}{E_b} \ln \frac{t}{t_0}}. \tag{32'}$$

Din analiza formulei de mai sus se observă că γ scade cu factorul Kr_2. Din motive constructive valoarea minimă a coeficientului de armare este $\gamma = 0{,}005$.

In tabela 1 au fost date valorile $\frac{k_p}{\sigma_c}$ pentru diferite valori ale variabilelor cuprinse între :

$$0{,}005 \leqslant \gamma \leqslant 0{,}0125$$

$$0 \leqslant Kr_2 \leqslant 200\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$1{,}05 \leqslant t \leqslant 1{,}20$$

$$1{,}0025 \leqslant t_0 \leqslant 1{,}05$$

Valorile $\frac{kp}{\sigma_c} = f(\gamma, t, t_0, Kr_2)$

γ	t	t_0	Kr_2 (kg/cm²)									Formula de calcul	
			0	25000	50000	75000	100000	125000	150000	175000	200000		
0,005	1,20	1,0500	0,00100	0,01350	0,02600	0,03850	0,05100	0,06350	0,07600	0,08850	0,10100	0,001	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00100	0,01320	0,02540	0,03760	0,04980	0,06200	0,07420	0,08640	0,09860	0,001	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00100	0,01290	0,02480	0,03670	0,04860	0,06050	0,07240	0,08430	0,09620	0,001	$+0,0476\ Kr_2$
	1,15	1,0500	0,00075	0,01325	0,02575	0,03825	0,05075	0,06325	0,07575	0,08825	0,10075	0,00075	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00075	0,01295	0,02515	0,03735	0,04955	0,06175	0,07395	0,08615	0,09835	0,00075	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00075	0,01265	0,02455	0,03645	0,04835	0,06025	0,07215	0,08405	0,09595	0,00075	$+0,0476\ Kr_2$
	1,10	1,0500	0,00050	0,01300	0,02550	0,03800	0,05050	0,06300	0,07550	0,08800	0,10050	0,0005	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00050	0,01270	0,02490	0,03710	0,04930	0,06150	0,07370	0,08590	0,09810	0,0005	$+0,0488\ K_2$
		1,0025	0,00050	0,01240	0,02430	0,03620	0,04810	0,06000	0,07190	0,08380	0,09570	0,0005	$+0,0476Kr_2$
	1,05	1,0500	0,00025	0,01275	0,02525	0,03775	0,05025	0,06275	0,07525	0,08775	0,10025	0,00025	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00025	0,01245	0,02465	0,03685	0,04905	0,06125	0,07345	0,08565	0,09785	0,00025	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00025	0,01215	0,02405	0,03595	0,04785	0,05975	0,07165	0,08355	0,09545	0,00025	$+0,0476Kr_2$
0,0075	1,20	1,0500	0,00150	0,01400	0,02650	0,03900	0,05150	0,06400	0,07650	0,08900	0,10150	0,0015	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00150	0,01370	0,02590	0,03810	0,05030	0,06250	0,07470	0,08690	0,09910	0,0015	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00150	0,01340	0,02530	0,03720	0,04910	0,06100	0,07290	0,08480	0,09670	0,0015	$+0,0476Kr_2$
	1,15	1,0500	0,00112	0,01362	0,02622	0,03862	0,05112	0,06362	0,07612	0,08862	0,10112	0,001125	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00112	0,01332	0,02562	0,03772	0,04992	0,06212	0,07432	0,08652	0,09872	0,001125	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00112	0,01302	0,02492	0,03682	0,04872	0,06062	0,07252	0,08442	0,09632	0,001125	$+0,0476Kr_2$
	1,10	1,0500	0,00075	0,01325	0,02575	0,03825	10,5075	0,06325	0,07575	0,08825	0,10075	0,00075	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00075	0,01295	0,02515	0,03735	0,04955	0,06175	0,07395	0,08615	0,09835	0,00075	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00075	0,01265	0,02455	0,03645	0,04835	0,06025	0,07215	0,08405	0,09595	0,00075	$+0,0476Kr_2$
	1,05	1,0500	0,00037	0,01287	0,02537	0,03787	0,05037	0,06287	0,07537	0,08787	0,10037	0,000375	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00037	0,01257	0,02477	0,03697	0,04917	0,06137	0,07357	0,08577	0,09797	0,000375	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00037	0,01227	0,02417	0,03607	0,04797	0,05987	0,07177	0,08367	0,09557	0,000375	$+0,0476Kr_2$
0,01	1,20	1,0500	0,00200	0,01450	0,02700	0,03950	0,05200	0,06450	0,07700	0,08950	0,10200	0,002	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00200	0,01420	0,02640	0,03860	0,05080	0,06300	0,07520	0,08740	0,09960	0,002	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00200	0,01390	0,02580	0,03770	0,04960	0,06150	0,07340	0,08530	0,09720	0,002	$+0,0476Kr_2$
	1,15	1,0500	0,00150	0,01400	0,02650	0,03900	0,05150	0,06400	0,07650	0,08900	0,10150	0,0015	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00150	0,01370	0,02590	0,03810	0,05030	0,06250	0,07470	0,08690	0,09910	0,0015	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00150	0,01340	0,02530	0,03720	0,04910	0,06100	0,07290	0,08480	0,09670	0,0015	$+0,0476Kr_2$
	1,10	1,0500	0,00100	0,01350	0,02600	0,03850	0,05100	0,06350	0,07600	0,08850	0,10100	0,001	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00100	0,01320	0,02540	0,03760	0,04980	0,06200	0,07420	0,08640	0,09860	0,001	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00100	0,01290	0,02480	0,03670	0,04860	0,06050	0,07240	0,08430	0,09620	0,001	$+0,0476Kr_2$
	1,05	1,0500	0,00050	0,01300	0,02550	0,03800	0,05050	0,06300	0,07550	0,08800	0,10050	0,0005	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00050	0,01270	0,02490	0,03710	0,04930	0,06150	0,07370	0,08590	0,09810	0,0005	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00050	0,01240	0,02430	0,03620	0,04810	0,06000	0,07190	0,08380	0,09570	0,0005	$+0,0476Kr_2$
0,0125	1,20	1,0500	0,00250	0,01500	0,02750	0,04000	0,05250	0,06500	0,07750	0,09000	0,10250	0,0025	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00250	0,01470	0,02690	0,03910	0,05130	0,06350	0,07570	0,08700	0,10010	0,0025	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00250	0,01440	0,02630	0,03820	0,05010	0,06200	0,07390	0,08580	0,09770	0,0025	$+0,0476Kr_2$
	1,15	1,0500	0,00187	0,01437	0,02687	0,03937	0,05187	0,06437	0,07687	0,08937	0,10187	0,00187	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00187	0,01407	0,02627	0,03847	0,05067	0,06287	0,07507	0,08727	0,09947	0,00187	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00187	0,01377	0,02567	0,03757	0,04947	0,06137	0,07327	0,08517	0,09707	0,00187	$+0,0476Kr_2$
	1,10	1,0500	0,00125	0,01375	0,02625	0,03875	0,05125	0,06375	0,07625	0,08875	0,10125	0,00125	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00125	0,01345	0,02585	0,03785	0,05005	0,06225	0,07445	0,08765	0,09885	0,00125	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00115	0,01315	0,02505	0,03695	0,04985	0,06075	0,07265	0,08455	0,09745	0,00125	$+0,0476Kr_2$
	1,05	1,0500	0,00062	0,01312	0,02562	0,03812	0,05062	0,06312	0,07562	0,08812	0,10062	0,00062	$+0,05\ Kr_2$
		1,0230	0,00062	0,01282	0,02502	0,03762	0,04942	0,06162	0,07382	0,08602	0,09822	0,00062	$+0,0488Kr_2$
		1,0025	0,00062	0,01252	0,02442	0,03632	0,04822	0,06012	0,07202	0,08392	0,09582	0,00062	$+0,0476Kr_2$

valori, între care sînt cuprinse cazurile uzuale ale galeriilor de aducţiune şi admiţînd $E_a = 2\,100\,000$ kg/cm². Se constată că influenţa variabilelor γ, t şi t_0 este mică în domeniul de utilizare al formulelor variabila importantă fiind Kr_2. Avînd în vedere că termenul $\frac{Kr_2}{E_b} \ln \frac{t}{t_0}$ poate fi neglijat, $\frac{Kp}{\sigma_c}$ este o funcţie lineară de fiecare din cele trei variabile : t, t_0 şi Kr_2.

Din analiza datelor din tabela 1 rezultă că pentru valori Kr_2 peste 20 000 kg/cm² şi p sub 10 kg/cm², se poate merge la procent de armare minim admis, adică 0,5%.

b) **Calculul secţiunii de beton**. Se consideră un inel de beton simplu armat (fig. 7). Ansamblul format de acest inel şi rocă poate fi considerat din trei porţiuni distincte :

1. Stratul cuprins în interiorul armăturii, avînd raza interioară r_1 şi raza exterioară r_a, supus presiunii p la interior şi presiunii p' la exterior.

2. Stratul cuprins la exteriorul armăturii reprezentînd roca căptuşită cu un strat de beton simplu de rază interioară r_a şi rază exterioară r_2 supus presiunii p'' la interior.

3. Inelul de armătură de rază r_a supus presiunii $p'-p''$.

Secţiunea de armătură fiind determinată anterior, se pune numai problema dimensionării secţiunii cămăşuielii. Această dimensionare se face conform formulelor stabilite la începutul prezentului studiu după ce s-au aflat presiunile p' şi p''. Pe cercul de raza r_a de contact al celor trei porţiuni se egalează deformaţiile. Din ecuaţiile rezultate se pot deduce presiunile p' şi p''.

Făcînd o serie de aproximaţii Feodorov a ajuns la următoarele formule pentru rezistenţele maxime în stratele *1* şi *2*

$$\sigma_{max_1} = \frac{r_a E_b}{(1-\mu_b^2)(E_a S_a + Kr_2 r_a) + r_a E_b \ln \frac{r_2}{r_1}} p \qquad (33)$$

sau :

$$\frac{kp}{R_t} = (1-\mu_b^2)\left[\frac{E_a}{E_b}\gamma\frac{t-1}{t_0}\right] + \frac{Kr_2}{E_b} + \ln t \qquad (33')$$

$$\sigma_{max_2} = \frac{r_1 E_b}{(1-\mu_b^2)(E_a S_a + Kr_2 r_a) + r_a E_b \ln \frac{r_2}{r_1}} \qquad (34)$$

sau :

$$\frac{kp}{R_t} = (1-\mu_b^2)\left[\frac{E_a}{E_b}(t-1) + t_0 \frac{Kr_2}{E_b}\right] + t_0 \ln t. \qquad (34')$$

Pentru calculul exact se va considera pentru deformaţia stratului *1* formula (9), unde se înlocuieşte $p_1 = p$, $p_2 = p'$, $r_i = r_1$, $r_e = r_a$, $E = E_b$, $\mu = \mu_b$, pentru punctul $r = r_a$:

$$(\varepsilon_{r_a})_1 = -\frac{1}{r_a^2 - r_1^2}\frac{1+\mu_b}{E_b}\left[(p' r_a^2 - p r_1^2)(1-2\mu_b) + p' - p) r_1^2\right] \qquad (35)$$

Pentru deformaţia stratului *2* se consideră formula (15) cu notaţiile $p_2 = p''$, $\mu = \mu_b$, $E = E_b$, $r_i = r_a$, $r_e = r_2$ în punctul $r = r_a$

$$(\varepsilon_{r_a})_2 = -p'' \frac{(1-\mu_b-2\mu_b^2)\left[1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)\right] + \frac{r_2^2}{r_a^2}(1+\mu_b)\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}{E_b\left\{1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b) - \frac{r_2^2}{r_a^2}\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}} \qquad (36)$$

Dacă înlocuim ansamblul format din rocă şi stratul de beton simplu de la exteriorul armăturii, adică stratul *2* din notaţia de mai sus, cu un mediu elastic omogen a cărui deformaţie în punctul de rază $r = r_a$ este identică cu cea de mai sus (fig. 5) obţinem :

$$(\varepsilon_{r_a})_2 = \frac{p''}{K''_{echiv}\, r_a} \qquad (37)$$

unde : K''_{echiv} este rezistenţa elastică a unui mediu echivalent cu ansamblul format din stratul *2* şi rocă. Egalînd (37) cu (36) rezultă :

$$K''_{echiv} = -\frac{E_b\left\{1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b) - \frac{r_2^2}{r_a^2}\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}}{r_a\left\{(1-\mu_b-2\mu_b^2)\left[1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)\right] + \frac{r_2^2}{r_a^2}(1+\mu_b)\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}} \qquad (38)$$

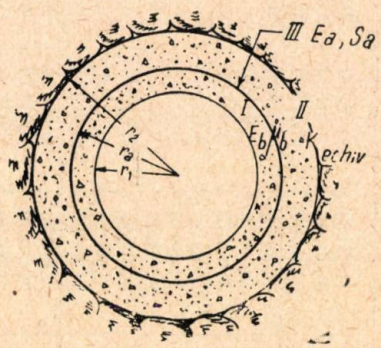


Fig. 5

Pentru deformaţia armăturii se consideră formula cunoscută

$$(\varepsilon_{r_a})_a = \frac{N}{S_a E_a} = \frac{(p'-p'')r_a}{S_a E_a}. \qquad (39)$$

Introducînd notaţiile de mai sus rezultă :

$$(\varepsilon_{t_{r_a}})_1 = -\frac{1}{t_0^2-1}\frac{1+\mu_b}{E_b}\left[p'(t_0^2-\mu_b t_0^2+1)-2p(1-\mu_b)\right] = Ap - Bp' \tag{40}$$

$$(\varepsilon_{t_{r_a}})_2 = -p''\frac{(1-\mu_b-2\mu_b^2)\left[1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)\right]+\frac{t^2}{t_0^2}(1+\mu_b)\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}{E_b\left\{1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)-\frac{t^2}{t_0^2}\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}} = \frac{p''}{K''_{echiv}\, r_a} \tag{41}$$

$$(\varepsilon_{t_{r_a}})_a = \frac{p'-p''}{\xi E_a} = \frac{(p'-p'')t_0}{E_a\gamma(t-1)} = Cp'-Cp'' \tag{42}$$

unde :

$$A = \frac{2}{t_0^2-1}\frac{1-\mu_b^2}{E_b} \tag{43}$$

$$B = \frac{1}{t_0^2-1}\frac{1+\mu_b}{E_b}(t_0^2-2\mu_b t_0^2+1) \tag{44}$$

$$C = \frac{t}{E_a\gamma(t-1)} \tag{45}$$

Se consideră ansamblul format din armătură, stratul *2* şi rocă, fiind un mediu omogen izotrop infinit avînd rezistenţa elastică echivalentă K'_{echiv}, care are aceeaşi deformaţie $\varepsilon_{t_{r_a}}$ în punctul de rază r_a determinată prin relaţia :

$$\varepsilon_{t_{r_a}} = \frac{p'}{K_{echiv}\, r_a}. \tag{46}$$

Egalînd ecuaţiile (41), (42) şi (46) se obţine :

$$K'_{echiv} = \frac{1}{Cr_a} + K''_{echiv} \tag{47}$$

şi deci :

$$p' = \frac{AK'_{echiv}\, r_a}{BK'_{echiv}\, r_a + 1}p \tag{48/1}$$

$$p'' = \frac{AK'_{echiv}\, r_a}{BK'_{echiv}\, r_a+1}p = \frac{AC\,K''_{echiv}\, r_a}{BC\,K''_{echiv}\, r_a + B+C}. \tag{48/2}$$

Din formula (16/2) rezultă :
— pentru stratul *1*.

$$\sigma_{max} = \frac{R_t}{k} = -\frac{1-\frac{K'_{echiv}r_a}{E_b}(1+\mu_b)+t_0^2\left[1+\frac{K'_{echiv}\, r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}{1-\frac{K'_{echiv}\, r_a}{E_b}(1+\mu_b-t_0^2\left[1+\frac{K'_{echiv}\, r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}p \tag{49/1}$$

— pentru stratul *2*

$$\sigma_{max} = \frac{R_t}{k} = -\frac{1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)+t_1^2\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}{1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)-t_1^2\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}\frac{ACK''_{echiv}\, r_a}{BCK''_{echiv}\, r_a+B+C}p \tag{49/2}$$

— pentru armătură :

$$\sigma_{max} = \frac{C}{E_b(BCK''_{echiv}\, r_a+B+C)}p. \tag{49/3}$$

c) **Concluzii.** Din analiza formulei (47) prin introducerea valorilor numerice de mai sus, se constată că cu $\gamma=0{,}005$, $\left(\frac{1}{C}\right)_{max} = 2\,100$ kg/cm² este neglijabil faţă de termenul $K''_{echiv}\, r_a$ care variază între 20 000 şi 200 000 kg/cm². Deci în cel mai rău caz $\frac{1}{C}$ reprezintă 10% din termenul $K''_{echiv}r_a$. Precizia de determinare a lui K nu este mai mare de 10%.

In cel mai bun caz se face aprecierea lui K pe diferitele tronsoane ale galeriei prin comparare cu rezultate experimentale ale altor tronsoane ale aceleiaşi galerii. Foarte adesea se face comparaţia cu roce similare din alte galerii de aducţiune, comparaţii care duc la erori absolute mai mari de 2 000 kg/cm². In calcule de anteproiecte se poate deci face ipoteza simplificatoare :

$$K'_{echiv} = K''_{echiv}. \tag{50}$$

In fig. 6 au fost trasate curbele $K''_{echiv}\, r_a = f(Kr_2)$ şi $\frac{\sigma_t}{p} = \frac{R_t}{k_p} = f(K'_{echiv}\, r_a)$ pentru diferite valori ale rapoartelor t_0 şi t şi pentru diferite mărci de beton.

In cazul ipotezei (50) diagramele se pot utiliza în modul în care au fost trasate. In cazul calculului exact pentru respectarea relaţiei :

$$K'_{echiv}\, r_a = \frac{1}{C} + K''_{echiv}\, r_a \tag{51}$$

se poate utiliza aceeaşi diagramă, coborînd, în partea din stînga, axa absciselor cu valoarea $\frac{1}{C}$.

Pentru aceasta s-a trasat în fig.7 variaţia $\frac{1}{C} = f(t, t_0)$ pentru diferite valori γ menţinînd valoarea $E_a = 2\,100\,000$ kg/cm².

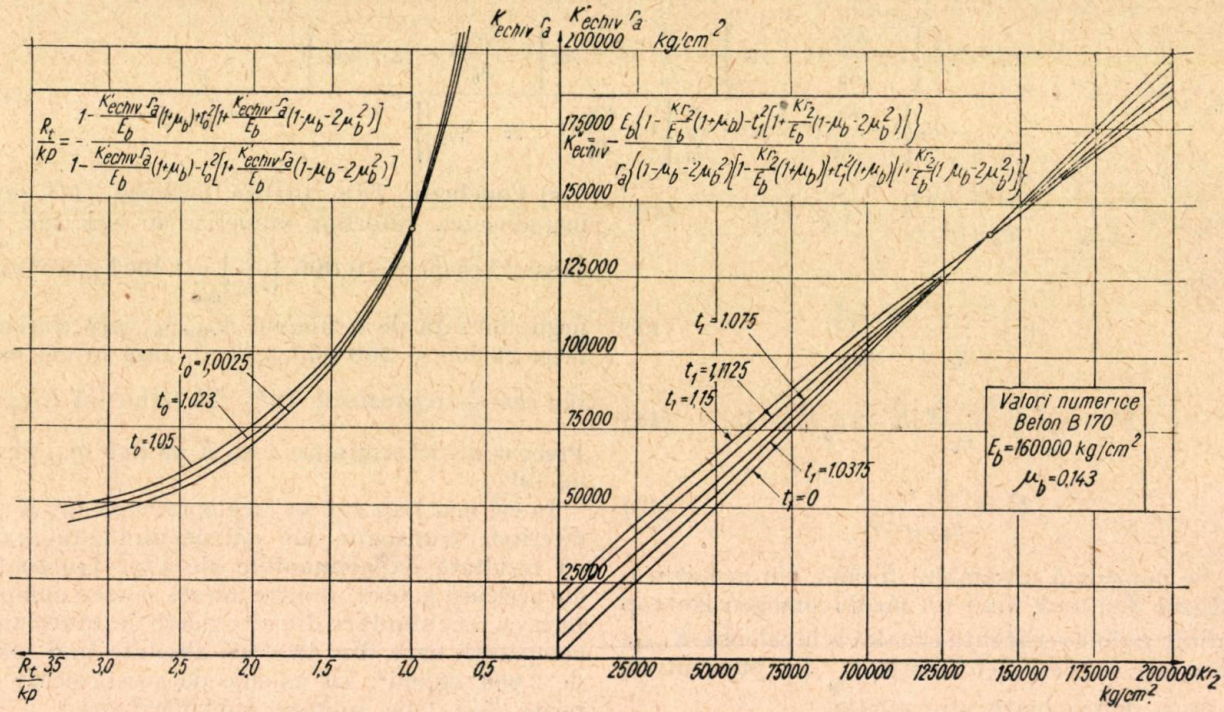

$K'_{echiv}\cdot r_a$
$K''_{echiv}\cdot r_a$
200000 kg/cm²
175000
150000
125000
100000
75000
50000
25000
$\frac{R_t}{kp} = -\frac{1-\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1+\mu_b)+t_0^2\left[1+\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}{1-\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1+\mu_b)-t_0^2\left[1+\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}$
$K''_{echiv} = -\frac{E_b\left\{1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)-t_1^2\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}}{r_a\left\{(1-\mu_b-2\mu_b^2)\left[1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)\right]+t_1^2(1+\mu_b)\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}}$
$t_0 = 1{,}0025$
$t_0 = 1{,}023$
$t_0 = 1{,}05$
$t_1 = 1{,}075$
$t_1 = 1{,}1125$
$t_1 = 1{,}15$
$t_1 = 1{,}0375$
$t_1 = 0$
Valori numerice
Beton B 170
$E_b = 160000$ kg/cm²
$\mu_b = 0{,}143$
$\frac{R_t}{kp}$
3,5 3,0 2,5 2,0 1,5 1,0 0,5
25000 50000 75000 100000 125000 150000 175000 200000 Kr_2
kg/cm²

Fig. 6 a

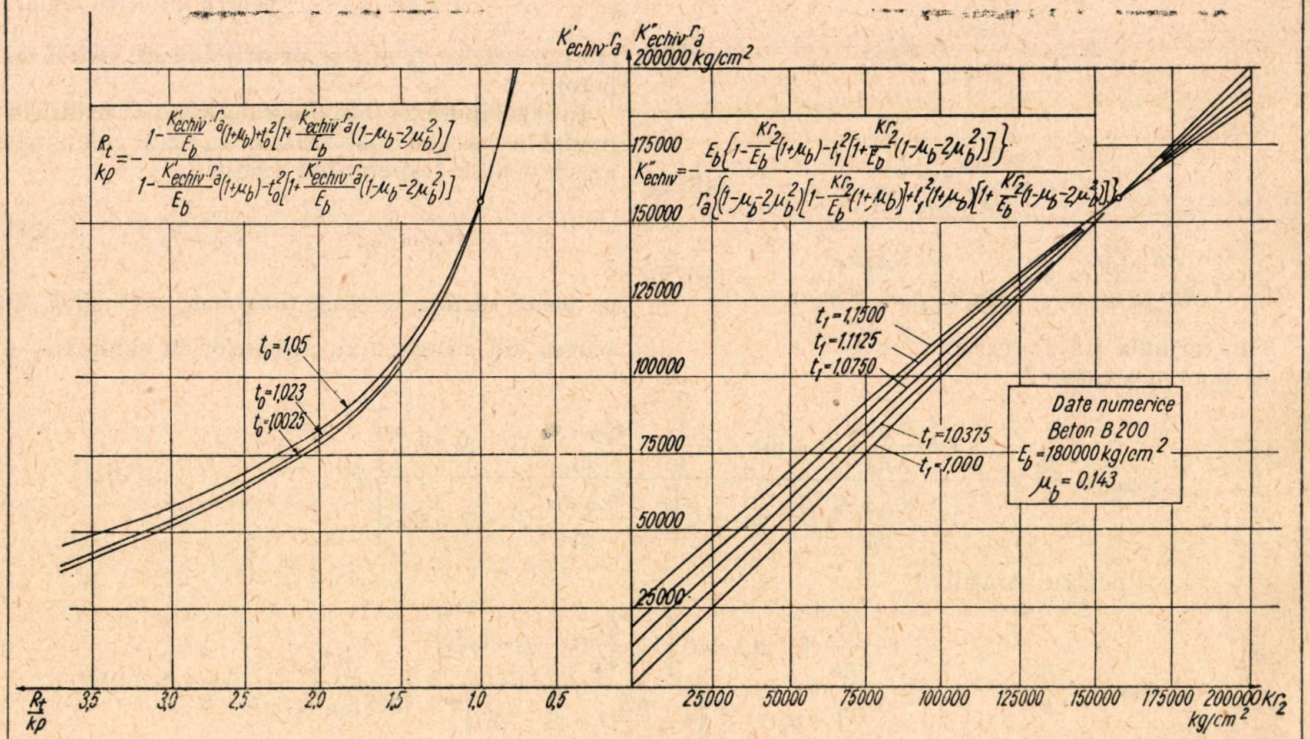

$K'_{echiv}\cdot r_a$
$K''_{echiv}\cdot r_a$
200000 kg/cm²
175000
150000
125000
100000
75000
50000
25000
$\frac{R_t}{kp} = -\frac{1-\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1+\mu_b)+t_0^2\left[1+\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}{1-\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1+\mu_b)-t_0^2\left[1+\frac{K'_{echiv}\cdot r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}$
$K''_{echiv} = -\frac{E_b\left\{1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)-t_1^2\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}}{r_a\left\{(1-\mu_b-2\mu_b^2)\left[1-\frac{Kr_2}{E_b}(1+\mu_b)\right]+t_1^2(1+\mu_b)\left[1+\frac{Kr_2}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}}$
$t_0 = 1{,}05$
$t_0 = 1{,}023$
$t_0 = 1{,}0025$
$t_1 = 1{,}1500$
$t_1 = 1{,}1125$
$t_1 = 1{,}0750$
$t_1 = 1{,}0375$
$t_1 = 1{,}000$
Date numerice
Beton B 200
$E_b = 180000$ kg/cm²
$\mu_b = 0{,}143$
$\frac{R_t}{kp}$
3,5 3,0 2,5 2,0 1,5 1,0 0,5
25000 50000 75000 100000 125000 150000 175000 200000 Kr_2
kg/cm²

Fig. 6 b

Calculul galeriilor cu cămăşuială de beton simplu armat pe baza deformaţiilor limită

In instrucţiunile pentru calculul secţiuni'or de beton armat după metoda la rupere, elementele supuse la tensiune se calculează la fisurare. In acest caz nu se limitează rezistenţele, ci deformaţiile. Metoda de calcul a deformaţiilor este tot cea a egalizării deformaţiilor betonului şi armăturii în punctele de contact.

Relaţiile stabilite la paragraful anterior rămîn valabile pentru calculul deformaţiei în punctul $r = r_1$ ne vom servi de formula (14) punînd $K = K'_{echiv}\, r_a$, $E = E_b$, $r_e = r_a$, $r_i = r = r_1$, $\mu = \mu_b$, $p_2 = p$

$$\frac{\varepsilon_t}{p} = \frac{(1-\mu_b-2\mu_b^2)\left[1-\frac{K'_{echiv}\, r_a}{E_b}(1+\mu_b)\right]+t_0^2(1+\mu)\left[1+\frac{K'_{echiv}\, r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]}{E_b\left\{1-\frac{K'_{echiv}\, r_a}{E_b}(1+\mu_b)-t_0^2\left[1+\frac{K'_{echiv}\, r_a}{E_b}(1-\mu_b-2\mu_b^2)\right]\right\}} \tag{52}$$

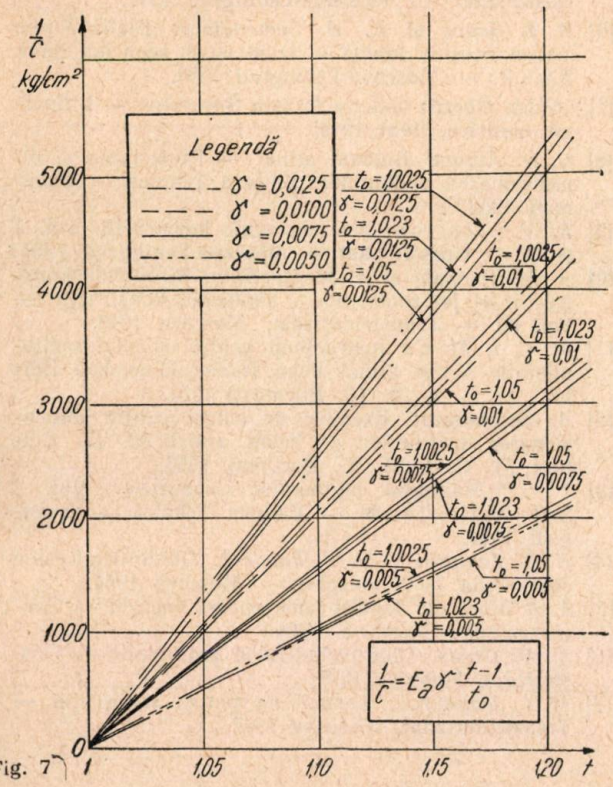


Fig. 7

In fig. 8 a şi 8 b au fost trasate curbele $\frac{\varepsilon_t}{p} = f(K'_{echiv}\, r_a)$ pentru diferite mărci de beton şi diferite rapoarte t_0.

Exemplu de calcul

Se dă o galerie de aducţiune cu următoarele date :

$$p = 17{,}5 \text{ kg/cm}^2$$
$$r_1 = 2{,}50 \text{ m}$$
$$r_2 = 2{,}70 \text{ m}$$
$$r_a = 2{,}55 \text{ m}$$

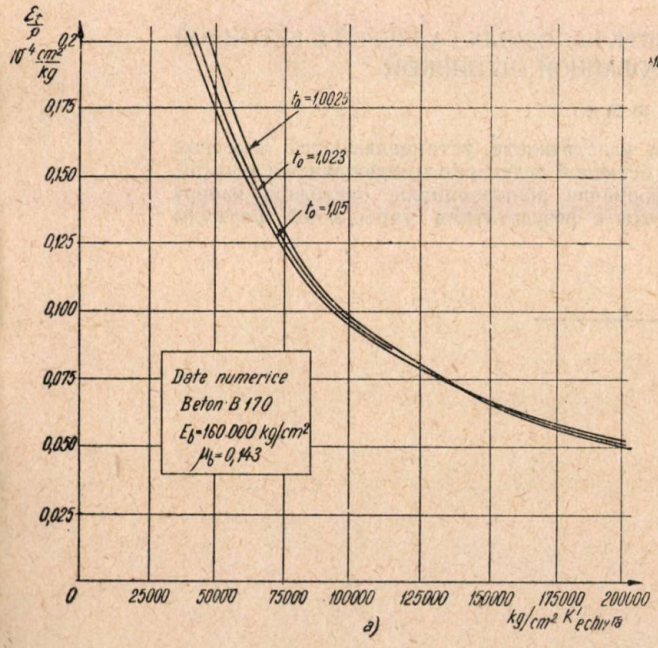
Considerînd că încercările făcute pe rocă într-o galerie de 2 m diametru ($r_2 = 1{,}00$ m) s-a măsurat :

$$\frac{p}{u} = K_0 = 1\,000 \text{ kg/cm}^3$$

se admite că pentru o galerie de 2,70 m coeficientul $K = \frac{1\,000}{2{,}7} = 370$ kg/cm³

Rezultă :

$$Kr_2 = 100\,000 \text{ kg/cm}^2$$



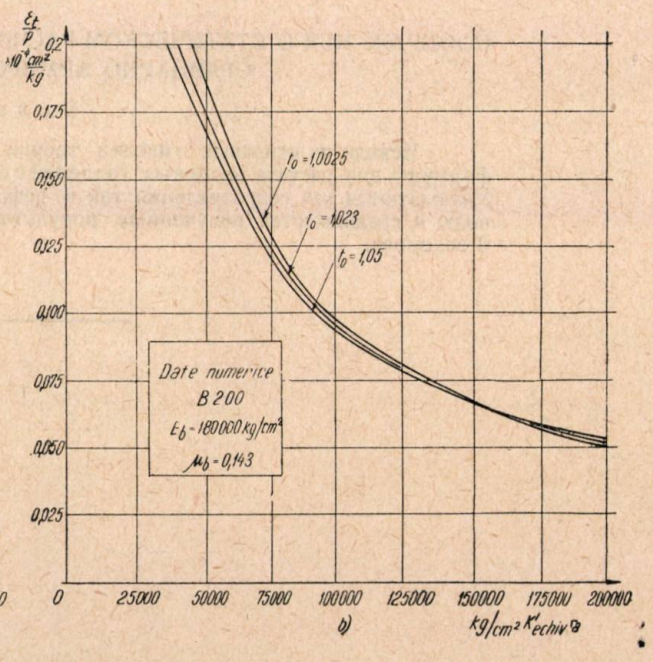


Fig. 8 a şi b

Materiale utilizate :

Beton B 170

Oţel OL-38

Rezultă :

$t = 1{,}08,\ t_1 = 1{,}06,\ t_0 = 1{,}02$

Din fig. 6 şi 7 rezultă succesiv $K''_{echiv}\, r_a = 105\,000$ kg/cm² $\frac{1}{C} = 650$ kg/cm² $K'_{echiv}\, r_a = 105\,650$ kg/cm² ; $\frac{R_t}{k_p} = 1{,}30$.

Rezistenţa în beton va fi $\sigma = \frac{R_t}{k} = 9{,}76$ kg/cm² ; avînd în vedere că conform normelor $R_t = 15$ kg/cm², rezultă un coeficient de siguranţă $K = 1{,}53$.

Calculînd deformaţia rezultă din figura 8 $\frac{\varepsilon}{p} = 0{,}087 \cdot 10^{-4}\ \frac{\text{cm}^2}{\text{kg}}$ de unde $\varepsilon = 0{,}644 \cdot 10^{-4}$. Deformaţia admisibilă fiind $1 \cdot 10^{-4}$, rezultă un coeficient de siguranţă la fisurare $k_f = 1{,}55$.

Pentru verificarea armăturii în cazul fisurării betonului, rezultă din tabela 1 $\frac{k_p}{\sigma_0} = 0{,}049$, deci $\sigma = 152$ kg/cm² şi $k = 18{,}8$.

Făcînd acelaşi calcul cu formula Feodorov rezultă $\frac{R_t}{k_p}$ 1,73 de unde :

$$\sigma = \frac{R_t}{k} = 13 \text{ kg/cm}^2 \text{ şi deci : } k = 1{,}15.$$

Se constată că formula aproximativă Feodorov dă rezultate acoperitoare.

Bibliografie:

[1] *B. G. Galerkin:* Napriajennoe sostoianie ţilindriceskoi trudî v uprugoi srede — sbornik Leningradskogo instituta injenerov putei soobscenia — Leningrad 1929.

[2] *B. G. Galerkin:* Sobranie Trudov — Stroitelnaia mehanika, Vol . I, Izdatelstvo Akademii Nauk S.S.S.R., Moscova 1952.

[3] *N. M. Beliaev:* Soprotivlenie Materialov — Gostehizdat, Moscova 1953.

[4] *V. N. Bezuhov:* Teoriia uprugosti i plasticinosti — Gostehizdat, Moscova 1952.

[5] *M. M. Filonenco, Borodici:* Teoriia uprugosti — Gostehizdat — Moscova-Leningrad 1947.

[6] *B. I. Segal* şi *K. A. Semendiaev:* Piatiznacinîe matematiceskie tablitî — Izdatelstvo academii nauk S.S.S.R. — Moscova-Leningrad 1950.

[7] *Guido Oberti:* Galeria forzata Soverzene — L'Energia elettrica, Mai 1949.

[8] *C. N. Avram:* Betonul armat — Proiectarea şi dimensionarea secţiunilor. Editura Tehnică — Bucureşti 1952.

[9] *K. V. Sahnovski:* Jelezobetonnîe konstrucţii, vol. I şi II — Gosstroizdat — Moscova-Leningrad 1951.

[10] *A. M. Ivianski* şi *A. M. Ovecikin:* Stroitelnîe konstrucţii — jelezobetonnîe i kamennîe konstrucţii — Vol. III — Transjeldorizdat, Moscova 1948.

[11] *M. C. I. M. C.:* Instrucţiuni pentru calculul secţiunilor de beton armat după stadiul la rupere, Editura M. C. I. M. C., Bucureşti 1953.

[12] *A. Zacopceanu:* Exemple de calcul pentru dimensionarea secţiunilor de beton armat ed. II, Editura M. C. I. M. C., Bucureşti 1953.

[13] * * * Manualul inginerului Constructor, Vol. 2 Secţ. XVIII Tunele — Editura Tehnică — Bucureşti 1952.

[14] *E. A. Zamarin* şi *V. V. Fandeev:* Ghidrotehniceskie skorujeniia — Selhozghiz — Moscova 1954.

[15] *A. A. Morozov:* Ispolzovanie vodnoi energhi — Gosenergoizdat, Moscova 1948.

[16] *M. M. Grisin:* Ghidrotehniceskie soorujeniia — Gosstroizdat, Moscova 1949.

[17] *M. I. Dandurov:* Tonneli na putiah soobşeniia — Transjeldorizdat, Moscova 1947.

★

СООБРАЖ-НИЯ О СТАТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ НАПОРНЫХ ГАЛЛЕРЕЙ С БЕТОННОЙ ОРДИНАРНО АРМИРОВАННОЙ ОБШИВКОЙ

Резюме

Исходя из основных гипотез теории эластичности, устанавливаются основные формулы для расчета напорных галлерей с бетонной ординарно армированной обшивкой. Указываются как сопротивления так и деформации появляющиеся благодаря напору воды и сравниваются полученные розультаты с результатами упрощенной формулы Феодорова.

Reducerea consumului specific de combustibil într-o centrală termoelectrică cu abur prin ameliorarea circuitului termic existent

Ing. T. ILIESCU

Chemarea partidului și guvernului în vederea descoperirii rezervelor interne din întreprinderi, a constituit un puternic imbold pentru obținerea de importante succese în muncă. Pe această linie, au fost mobilizați toți muncitorii, inginerii și tehnicienii din centralele electrice, pentru reducerea consumului specific de combustibil, reducerea consumului propriu de energie, reducerea prețului de cost, ridicarea puterii disponibile și realizarea mersului fără avarii. Ecoul acestei chemări a contribuit la extinderea muncii de inovație și raționalizare în întreprinderi.

In acest articol, se exemplifică modul de obținere a reducerii consumului specific de combustibil, prin ameliorarea circuitului termic existent, la o centrală termoelectrică cu abur.

Centrala termoelectrică, la care se propune o modificare în schema termică a acesteia, este echipată cu cazane de abur de înaltă presiune (62 ata 480°C) și grupuri cu turbine cu abur cu condensație cu patru prize nereglabile.

Preîncălzirea apei de alimentare a cazanelor de abur se face în patru trepte cu abur preluat de la prizele turbinelor. Alimentarea cazanului se face cu apă la temperatura de 183,2°C.

La sarcini parțiale ale grupurilor se închid prizele a doua și a treia ale turbinelor. Astfel la jumătate de sarcină se închide priza a treia, iar la un sfert de sarcină se scoate din funcțiune și priza a doua.

In fig. 1 se dă schema termică pentru un agregat cazan-grup turbogenerator al turbinei. In această schemă sînt indicate presiunile, entalpiile, temperaturile și debitele, în cazul funcționării grupului la sarcina economică.

Din examinarea schemei termice actuale a centralei, se constată două elemente care fac ca să se micșoreze randamentul ciclului termic ;

1. Condensatul care rezultă din aburul extras la priza *I* și intră în condensator cu temperatura de 64,5°C, ceea ce reprezintă o importantă pierdere de căldură ; în condensator această apă se destinde la presiunea de 0,04 ata, se răcește la tempera- tura de saturație corespunzătoare presiunii(28,6 °C), iar aburul rezultat este condensat de apa de răcire.

2. Apa de adaos este preîncălzită direct cu abur extras la priza *III* în loc de a folosi pentru

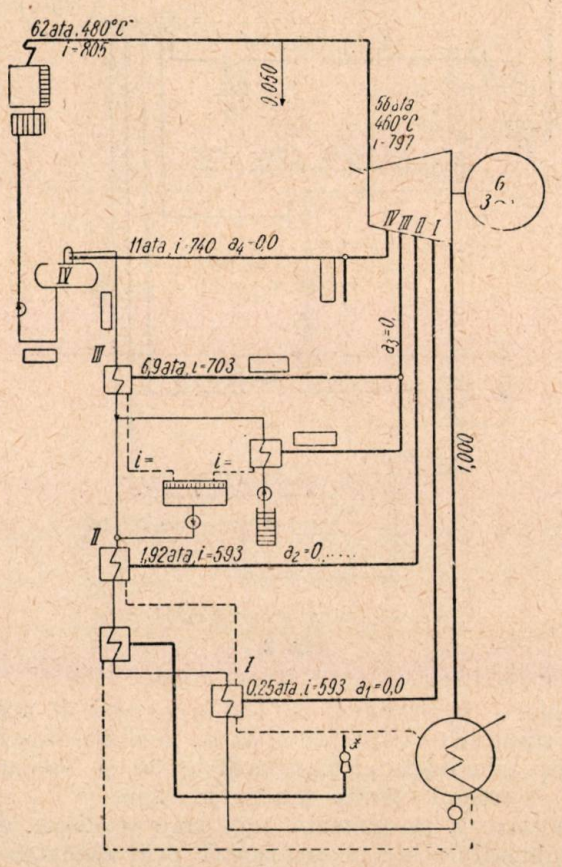


Fig. 1

preîncălzire în zona temperaturilor scăzute (pînă la 118°C) abur cu parametri mai scăzuți, extras din priza *II*.

Ameliorarea circuitului termic constă în remedierea acestor două abateri, astfel prima prin montarea unei pompe care să aspire condensatul din preîncălzitorul *II* și să-l refuleze în circuitul

apei condensate, înainte sau după preîncălzitorul *II*, şi a doua prin alimentarea preîncălzitorului apei de adaos cu abur extras de la priza *II*, condensatul rezultat urmînd să fie condus ca şi condensatul din preîncălzitorul *II*.

De la început, înainte de a face calculele termice ale circuitului, trebuie examinate în centrală, la faţa locului posibilităţile practice de realizare a modificărilor propuse. Acestea pot fi luate în considerare numai în cazul cînd acestea pot fi realizate fără o complicare a schemei şi fără a necesita investiţii mari în comparaţie cu economiile realizate.

Realizarea celor două propuneri de îmbunătăţire a ciclului termic al centralei studiate se poate face uşor. Este necesar, aşa cum se arată în fig. 2, să se monteze o pompă de circa 10 t/h

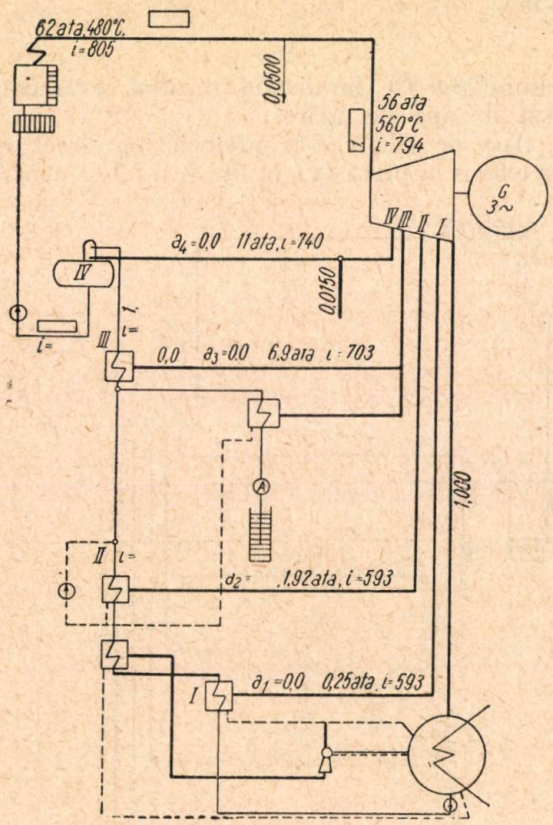


Fig. 2

refulare la presiunea de 150 m coloană de apă, de tipul celor existente şi să se modifice traseul cîtorva conducte, cu diametrul de 50 şi 100 mm pe porţiuni foarte scurte (1—2 m).

Pentru a se constata care este economia de combustibil care se realizează prin executarea celor două propuneri, se calculează consumul specific de combustibil pentru cele două cazuri :

a) pentru schema termică actuală ;

b) pentru schema termică după realizarea propunerilor de modificare.

Economia de combustibil realizată prin propunerea de modificare a schemei, se determină făcînd diferenţa dintre consumul specific de combustibil în cazul schemei termice actuale şi cel care se realizează în cazul schemei termice modificate.

Determinarea consumului specific de abur în cazul schemei termice actuale

In fig. 1 se dă schema termică a centralei în situaţia actuală. Pe această schemă sînt indicate presiunile şi entalpiile aburului şi apei, conform cifrelor de garanţie ale furnizorului centralei.

Pe baza acestei scheme au fost întocmite calculele circuitului termic făcînd următoarele ipoteze simplificatoare :

— se consideră că preîncălzitoarele sînt de lungimi infinite, ceea ce permite ca apa la ieşirea din preîncălzitor, să aibă temperatura egală cu cea de saturaţie corespunzătoare presiunii aburului care cedează căldură :

— se consideră că condensatul se preîncălzeşte în răcitorul ejectorului cu 6°C, atît cît se realizează în practică la sarcina economică.

Calculele se efectuează în ipoteza introducerii în condensator a unei cantităţi de abur egală cu 1 kg. Ştiind bilanţurile termice ale preîncălzitorilor, se determină debitele de abur preluate la priză. Rezultatele calculelor sînt indicate pe schema termică. *)

Puterea electrică produsă cînd în condensator se trimite un debit de abur de 1 kg/h, la randamentul mecanic al grupului de 0,99 şi randamentul generatorului de 0,965 este :

$$Q_1 = [1(794-546)+a_1(794-593)+$$

$$a_2(794-656)+a_3(794-703)+$$

$$+(a_4+0{,}015)(794-740)]\frac{0{,}99\cdot 0{,}965}{860}=$$

$$=0{,}3228\ \text{kW}.$$

Consumul specific de abur :

$$d_1=\frac{1+a_1+a_2+a_3+a_4+0{,}015+0{,}05}{0{,}3228}=$$

$$=4{,}35\ \text{kg/kWh}.$$

Determinarea consumului specific de abur în cazul schemei termice modificate

In fig. 2 se dă schema termică a centralei în situaţia după modificare. Pe această schemă sînt indicate presiunile şi entalpiile aburului şi apei în diversele puncte ale acesteia.

Pe baza acestei scheme s-au făcut calculele circuitului termic făcînd aceleaşi ipoteze simplificatoare ca şi în cazul precedent.

Rezultatele calculelor sînt indicate direct pe schema termică.

---

*) Autorul a depus calculele detaliate la Redacţia Revistei, unde pot fi consultate.

Puterea electrică produsă, cînd în condensator se trimite un debit de abur de 1 kg/h, la aceleaşi randamente ca şi în cazul precedent, este :

$$P_2 = 0{,}3221 \text{ kW}.$$

Consumul specific de abur :

$$d_2 = \frac{1{,}3973}{0{,}3221} = 4{,}325 \text{ kg/kWh}.$$

Economia de combustibil obţinută prin modificările schemei termice propuse

Prin modificarea schemei termice propuse, consumul de abur specific la sarcina optimă a grupului scade de la 4,350 kg/kWh la 4,325 kg/kWh.

Luînd randamentul cazanului de 0,80 entalpia aburului la ieşire din cazan de 805 kcal/kg şi entalpia apei la intrare în economizorul acestuia de 183,2 kcal/kg, rezultă următoarea economie de combustibil pe fiecare kWh produsă :

$$\Delta b = \frac{(i - i_0)\,\Delta b}{\eta_c} = \frac{(805 - 183{,}2)\,(4{,}350 - 4{,}325)}{0{,}80} =$$

$$= 19{,}4 \text{ kcal/kWh}.$$

Dacă se consideră că centrala respectivă cere o producţie anuală de 600 milioane kWh/an, că puterea calorifică inferioară a combustibilului este de 2 000 kcal/kg, rezultă că se poate realiza prin modificările schemei o economie de combustibil de :

$$\frac{19{,}4 \cdot 600 \cdot 10^6}{2\,000 \cdot 10^3} = 5\,820 \text{ t/an}$$

Pentru antrenarea pompelor, în cazul schemei termice modificate, este necesară o energie electrică suplimentară de circa 125 000 kWh/an pentru care se consumă o cantitate de cărbune de circa 240 t/an.

Rezultă atunci că economia reală de combustibil se obţine prin modificarea schemei termice a centralei, exprimată în cărbune cu o putere calorifică inferioară de 2 000 kcal/kg, este :

$$5\,820 - 240 = 5\,580 \text{ t/an}.$$

Posibilităţi de realizare a modificării schemei termice a centralei

După ce s-a constatat care este avantajul care se obţine prin cele două modificări ale schemei termice a centralei, se urmăreşte să se constate cum se poate realiza acest lucru. In acest scop s-au cercetat următoarele probleme :

— dacă este mai economic ca pompa propusă să trimeată apa în amonte sau în aval de preîncălzitorul *II* ;

— dacă se justifică din punct de vedere economic să se instaleze o pompă nouă, care să aspire condensatul din preîncălzitorul *I* şi să-l refuleze în circuitul apei condensate ;

— care este aportul fiecărei din modificările propuse şi cum se influenţează una pe cealaltă ;

— cum se comportă schema termică propusă, în cazul sarcinilor parţiale ale grupului, cînd scade presiunea aburului la prizele turbinei.

Analizînd aceste probleme şi efectuînd calculele necesare se obţin următoarele rezultate :

a) Este mai economic să se refuleze apa înainte de preîncălzitorul *II*, deoarece prin mărirea vitezii de circulaţie a apei prin preîncălzitor, se îmbunătăţeşte coeficientul de transmitere a căldurii.

b) Calculînd economia ce se obţine prin introducerea unei pompe noi care să aspire condensat după preîncălzitorul *I* se obţine, faţă de schema modificată iniţial o reducere a consumului specific de combustibil cu 2 kcal/kWh, ceea ce reprezintă o valoare foarte scăzută faţă de complicarea instalaţiei.

c) La sarcina economică în care s-a făcut calculul, aportul fiecărei modificări este : 11,6 kcal/kWh din prima modificare cu trimiterea condensatului din preîncălzitorul *II* direct în circuit şi 7,8 kcal/kWh din a doua modificare. O modificare nu influenţează cu nimic pe cealaltă.

d) Pe măsură ce scade sarcina, scade şi economia obţinută prin modificările propuse pînă la 12 kcal/kWh (6,3 + 5.8). La jumătate din sarcină, cînd se închide priza *III* a turbinei, aportul creşte brusc la 28 kcal/kWh defalcat în 6,2 kcal/ kWh de la prima şi 21,8 kcal/kWh de la o doua modificare.

Acest lucru se explică prin aceea că înainte de modificare, la sarcina sub jumătate din puterea nominală, preîncălzirea apei de adaos se făcea cu abur viu luat de la bara principală, prin staţia de reducere.

La un sfert din puterea nominală cînd se închide priza *II* aportul modificărilor propuse este practic zero sau chiar negativ.

Utilizarea oţelului la instalaţiile electrice interioare

Ing. S. DULBERG

Necesitatea înlocuirii cuprului, care este un material deficitar şi scump, a făcut ca el să fie înlocuit în multe locuri cu aluminiul. Această alegere a aluminului s-a făcut în special din cauza rezistenţei sale specifice mici, de 0,0294 ohmi mm²/m la 20°C, faţă de aceea a cuprului care este de 0,0178 ohmi mm²/m.

Dacă înlocuirea cuprului cu aluminiul la reţelele aeriene s-a arătat a fi avantajoasă şi în unele cazuri, aluminiul prin aliajele sale, este chiar preferabil cuprului, în schimb utilizarea aluminiului în instalaţiile interioare prezintă o serie întreagă de dificultăţi. Astfel la noi în ţară nu se fabrică pînă în prezent accesoriile necesare instalaţiilor electrice interioare din aluminiu, cum ar fi: cleme de legătură, aparate cu cleme speciale pentru aluminiu, fondanţi pentru sudură, rondele, cleme şi papuci cu cupal etc. ceea ce face ca toate instalaţiile executate pînă în prezent în conductori de aluminiu să nu prezinte suficiente garanţii de funcţionare. Inafară de aceasta, mai sînt însă dificultăţi şi din cauza unor proprietăţi negative ale aluminiului, cît şi din cauza măsurilor speciale ce trebuie luate la executarea instalaţiilor cu conductori de aluminiu.

Dacă lipsa accesoriilor şi a aparatajului special pentru instalaţiile cu conductori de aluminiu poate fi remediată prin fabricarea lor în ţara noastră, lucru care trebuie făcut, de altfel, odată cu punerea în circulaţie a conductorilor de aluminiu, totuşi rămîn celelalte două surse de dificultăţi, acelea ale proprietăţilor negative ale aluminiului şi a greutăţilor de montaj. In ceea ce priveşte proprietăţile negative ale aluminiului, le vom enumera pe scurt mai jos:

1. Formarea rapidă a unui strat superficial izolant de oxid de aluminiu;
2. Pericolul coroziunii la contactul cu alte metale, în special cu cuprul, la umezeală. Intr-un imobil cu pereţii încă umezi, după circa două luni, conductorii de aluminiu s-au corodat complet şi a trebuit să fie instalaţi alţi conductori;
3. Rezistenţa mecanică şi rezistenţa electrică redusă;
4. Deformare lentă sub presiune;
5. Temperatura de topire scăzută;
6. Dificultatea lipirii şi sudării.

Aceste proprietăţi negative limitează utilizarea aluminiului numai la locuinţe, birouri şi în general acolo unde avem un mediu uscat, necorosiv şi unde o eventuală defectare a instalaţiei electrice nu poate avea urmări grave.

In ceea ce priveşte executarea instalaţiilor electrice interioare cu conductori de aluminiu, trebuie luate o serie de măsuri speciale, dintre care citäm:

1. Inmagazinarea conductorilor de aluminiu, care trebuie făcută în condiţii speciale, cum ar fi ambalajul, mediul ambiant al magaziei, iar manipularea trebuie făcută cu o grijă deosebită.
2. Montarea conductorilor trebuie să se facă cu utilaje şi scule speciale, fără urme de alte materiale pe ele şi cu măsuri speciale în ceea ce priveşte tragerea lor în tuburi, legături în doze, înnădiri, etc. şi cer o mînă de lucru de calificare mai înaltă.

Faţă de aceste dezavantaje ale aluminiului, propunem utilizarea conductorilor din oţel plumbuit la instalaţiile interioare, la care problema rezistenţei electrice nu contează, din cauza sarcinii reduse şi a lungimii mici a circuitelor şi a derivaţiilor. Aceasta este în special cazul la locuinţele muncitoreşti, şi la locuinţele rurale.

Astfel din tabela 1 se poate face o comparaţie între proprietăţile cuprului, aluminiului şi ale oţelului, din punct de vedere al proprietăţilor fizice:

Tabela 1

	Aluminiu	Cupru	Oţel
Rezistenţa la rupere, kg/mm² . .	16–17	38	45,50
Alungirea la 200 mm, procentual	2,2	1,3	5
Rezistenţa specifică la 20°C ohmi mm²/m	0,0294	0,0178	0,143
Modulul de elasticitate, kg/cm² .	0,55	1,05	1,09
Coeficientul de dilatare	23	17	12
Greutatea specifică medie, kg/dm³	2,8	9,2	7,9
Temperatura de topire,°C . . .	658	1083	1530
Căldura specifică	0,22	0,09	0,11

Din compararea datelor de mai sus, vedem că înafara rezistenţei specifice, celelalte caracteristici ale oţelului sînt superioare aluminiului şi chiar cuprului.

Rezistenţa specifică a oţelului deşi numai de circa 4,8 ori mai mare decît a aluminiului, din cauza efectului pelicular şi a pierderilor histerezis nu este constantă şi variază cu sarcina. Pentru a reduce rezistenţa specifică a oţelului, trebuie ca acesta să conţină cît mai puţin carbon şi procesul de fabricaţie să corespundă necesităţii micşorării acestei rezistenţe.

Dacă considerăm sarcina maximă admisă pe circuitul de lumină şi de priză la 600 W, sarcină

care de fapt nu este mai niciodată atinsă la locuinţele muncitoreşti şi în special la cele rurale, rezultă o intensitate de 2,72 A, la 220 V şi 5 A, la 120 V. Ştim că marea majoritate a instalaţiilor noi se fac astăzi pe tensiunea de 380/220 V, dar pentru mai multă siguranţă propunem utilizarea conductorilor de oţel plumbuit numai acolo unde avem tensiunea monofazată de 220 V. Secţiunile propuse sînt de 2,5 mm², pentru circuitul de lumină şi priză şi de 1,5 mm² pentru derivaţii. La instalaţiile monotub, nulul va fi de 4 mm². Calculînd prin extrapolare valoarea rezistenţei în curent alternativ a conductorilor de oţel monofilari de 1,5 şi 2,5 mm², după curbele rezistenţelor de curent alternativ a conductorilor de oţel monofilari date de Kuzneţov şi Zlatkovsky, rezultă pentru o intensitate de 2,72 A, corespunzătoare sarcinii de 600 W, următoarele rezistenţe :

Secţiunea	*Intensitatea*	*Rezistenţa*
1,5 mm²	2,72 A	98 ohmi/km
2,5 mm²	2,72 A	59 ohmi/km

Pentru a ne înscrie în limita căderii de tensiune de 3% admisă pentru lumină, dacă admitem de-a lungul circuitului de 2,5 mm², o cădere de tensiune de 30% din căderea totală de tensiune admisă de 70% din căderea de tensiune de-a lungul derivaţiei de 1,5 mm² socotind cazul cel mai defavorabil, acela al concentrării intregii sarcini de 600 W, la capătul derivaţiei, pentru a avea o cădere de tensiune totală de 6,6 V, rezultă din calcul o lungime de circuit de circa 7 m şi o lungime a derivaţiei de circa 8 m. Ori în practică nu vom avea aproape niciodată această, situaţie astfel că secţiunile alese sînt cu mult acoperitoare. Deci din punctul de vedere al rezistenţei electrice, în acest caz marea rezistenţă electrică a oţelului nu reprezintă nici un inconveninent real. Cel mai mare inconvenient al oţelului îl prezintă ruginirea lui. Acest inconvenient este însă complet înlăturat prin plumbuirea pe cale electrică a conductorilor de oţel. Prin plumbuire conductorul de oţel nu numai că este ferit de rugină şi de influenţa apei sărate, dar mai are următoarele avantaje :

a) Permite uşor sudarea conductorilor (la legături în doze).

b) Permite legarea directă a conductorilor de oţel plumbuit la cleme sau conductorii de cupru sau aluminiu, fără să formeze elemente galvanice din cauza tensiunii reduse de contact a plumbului.

In ceea ce priveşte manopera, se va putea utiliza o mînă de lucru mai puţin calificată, conductorii de oţel necerînd nici un fel de măsuri speciale de montaj, ceea ce constituie un avantaj apreciabil, mai ales pentru instalaţiile ce se execută în mediul rural.

Utilizarea oţelului la instalaţiile interioare, ar duce la o economie de materiale nefieroase, ieftinirea instalaţiilor şi totodată la posibilitatea de a se executa instalaţii cu o funcţionare mai sigură decît cele de aluminiu.

In concluzie, utilizarea conductorilor izolaţi de oţel plumbuit la instalaţiile electrice interioare din locuinţele muncitoreşti şi din mediul rural, prezintă avantaje faţă de utilizarea conductorilor de aluminiu.

Dacă această propunere va fi luată în considerare de organele competente ale M.E.E.I.E. urmează să se treacă la studierea fabricării conductorilor izolaţi de oţel plumbuit cu proprietăţile cerute de instalaţiile electrice şi la utilizarea lor la instalaţiile electrice din locuinţele muncitoreşti şi rurale.

Studiul transmisiei căldurii prin convecţie şi radiaţie în regim tranzitoriu

Prof. ing. VICTOR POPESCU

In acest articol se indică o metodă de calcul pentru fenomenele de transmisie a căldurii prin convecţie şi radiaţie în regimul tranzitoriu. Faţă de marea diversitate a problemelor de această natură, articolul se mărgineşte la expunerea a trei cazuri curent întîlnite în practică : încălzirea metalelor, calculul schimbătoarelor de căldură şi încălzirea regeneratorilor folosiţi în industria siderurgică şi în unele industrii chimice.

Transmisia căldurii prin convecţie şi radiaţie în regim tranzitoriu este un obiect puţin studiat în forme generale. Cazurile cînd intervine acest mod de transmisie a căldurii fiind foarte variate, legile de transmisie nu pot fi exprimate în formule generale, care să cuprindă toate cazurile, astfel că este novoie să se facă studiul separat pentru fiecare categorie în parte.

Transmisia căldurii în regim tranzitoriu înseamnă de fapt transmisia sub temperatură variabilă în timp. Se admite totuşi cuprinderea în această grupă de fenomene şi a cazurilor particulare cînd transmisia căldurii prin convecţie şi radiaţie prezintă variaţii în spaţiu din cauza variaţiei coeficientului de transmisie, deoarece această variaţie se dovedeşte a fi produsă tot de variaţia temperaturii.

Studiul complet al variaţiei simultane a temperaturii în raport cu timpul şi cu coordonatele punctului, este în general dificil şi ecuaţiile diferenţiale obţinute adeseori se integrează greu şi nu duc la rezultate de folos practic. Se preferă deci a studia separat efectele variaţiei timpului şi spaţiului asupra temperaturii.

Pentru primul caz care este cel mai important, se consideră deci spaţiul invariabil şi se urmăreşte mersul temperaturii într-un punct determinat. In felul acesta se obţin ecuaţii care pot fi integrate uşor şi rezultatele aplicabile imediat în practica industrială.

In acest articol se vor examina unele din problemele privind încălzirea metalelor în regim tranzitoriu, transmisia căldurii în regim tranzitoriu în schimbătorii de căldură şi în aparatele cu funcţionare alternativă.

1. Incălzirea metalelor în regim tranzitoriu

Un caz foarte frecvent şi important este încălzirea metalelor în cuptoare de forje. Orice piesă de metal, fie în formă de bloc, fie în formă de tablă, introdusă într-un cuptor de forjă în care se găseşte o temperatură ridicată, primeşte căldură de la gazele cuptorului prin convecţie şi radiaţie şi se încălzeşte urcîndu-şi treptat temperatura pînă aproape de temperatura gazelor, dacă este lăsat bine înţeles un timp determinat. Se va trata aici numai încălzirea plăcilor la care dimensiunea „grosime" este neglijabilă în raport cu celelalte două dimensiuni : lăţimea şi lungimea. Faţă de conductibilitatea mare a metalului în raport cu coeficientul de trecere de căldură se poate considera, fără mare eroare că temperatura plăcii de metal introdusă în cuptor este egală cu temperatura pereţilor săi exteriori şi este uniformă în toată masa materialului.

Cu această ipoteză făcută, se trece la studiul variaţiei temperaturii. Se notează :

V — volumul plăcii m^3 ;
A — aria totală pe ambele feţe m^2 ;
λ — coeficientul de conducţie a căldurii, kcal/mh grad ;
γ — greutatea specifică a materialului kg/m^3 ;
α — coeficientul de trecere a călduri prin convecţie şi radiaţie $kcal/m^2h\ °C$;
t' — temperatura considerată constantă a gazelor din cuptor, °C ;
t_s — temperatura metalului la suprafaţă (considerată egală cu temperatura masei întregi de metal) °C ;
Q — căldura transmisă kcal ;
θ — timpul, h ;
c — căldura specifică a materialului kcal/kg° C ;

La timpul θ de la începutul operaţiei de încălzire, cantitatea de căldură transmisă de la gaze la metal în timpul infinit mic, $d\theta$, va fi dependentă de coeficientul total de transmisie, de suprafaţa plăcii şi de diferenţa de temperatură.

Vom avea :

$$dQ = \alpha A\ (t' - t_s)\ d\theta.$$

După cum am admis la început, $t_s = t$, t fiind temperatura variabilă a metalului în cursul procesului de încălzire şi deci :

$$dQ = \alpha A\ (t' - t)\ d\theta = V\gamma c\ dt.$$

Ecuaţiile de mai sus reprezintă egalitatea între căldura transmisă de la gaze la metal şi căldura preluată de metal pentru urcarea temperaturii lui cu dt.

Se face separarea de variabile, considerînd pe α, λ, c, A şi V constante şi se integrează de la t_i, temperatura iniţială a metalului, pînă

la temperatura curentă t, iar timpul de la zero la θ

$$\int_{t_i}^{t} \frac{dt}{t'-t} = \frac{\alpha A}{V.\gamma.c} \int_{0}^{\theta} d\theta,$$

$$\ln \frac{t'-t_i}{t'-t} = \frac{\alpha A}{V.\gamma.c}\,\theta$$

de unde obţinem :

$$t = t' - (t' - t_i)\, e^{-\frac{\alpha A \theta}{V.\gamma.c}}.$$

Această relaţie ne dă temperatura metalului la timpul θ de la începutul operaţiei. In felul acesta se poate determina după cît timp de la introducerea în cuptor tabla a atins temperatura cerută.

Din examinarea relaţiei se vede că t devine egal cu t' numai după un timp infinit.

2. Calculul transmisiei căldurii în regim tranzitoriu în schimbătoarele de căldură

Acest calcul este similar celui în regim permanent, folosindu-se aceeaşi metodă şi relaţii asemănătoare. Se va examina deci mai întîi funcţionarea schimbătoarelor de căldură în regim permanent, făcîndu-se apoi modificările de calcul pentru a trece la regimul tranzitoriu.

Calculul schimbătoarelor are la bază relaţia coeficientului de trecere a căldurii k reprezentat printr-o funcţie de coeficienţii de trecere pe cele două părţi ale schimbătorului şi coeficientului de conducţie prin perete :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha'} + \frac{\delta}{\lambda}.$$

In general, ultimul termen este mic faţă de primii doi şi în majoritatea cazurilor (în special cînd este vorba de pereţi metalici) poate fi neglijat.

Se vor face următoarele notaţii :

- G — greutatea fluidului cald ce trece prin aparat, în kg/h ;
- G' — greutatea fluidului rece, în kg/h ;
- c — căldura specifică a fluidului cald, în kcal/kg °C ;
- c' — căldura specifică a fluidului rece în kcal/kg °C ;
- Gc — W valoarea în apă a fluidului cald ;
- $G'c'$ — W' idem rece ;
- t_1 — temperatura de intrare în aparat a fluidului cald, în °C ;
- t_2 — temperatura de ieşire, în °C ;
- t — temperatura curentă, în °C ;
- t'_1 — temperatura de intrare a fluidului rece, în °C ;
- t'_2 — temperatura de ieşire a fluidului rece, în °C ;
- t' — temperatura curentă a fluidului rece în °C ;
- A — suprafaţa încălzitoare totală, în m² ;
- A_x — porţiunea din suprafaţa încălzitoare de la începutul suprafeţei, pînă la distanţa x de la început, în m² ;
- Q — căldura transmisă orar în kcal/h.

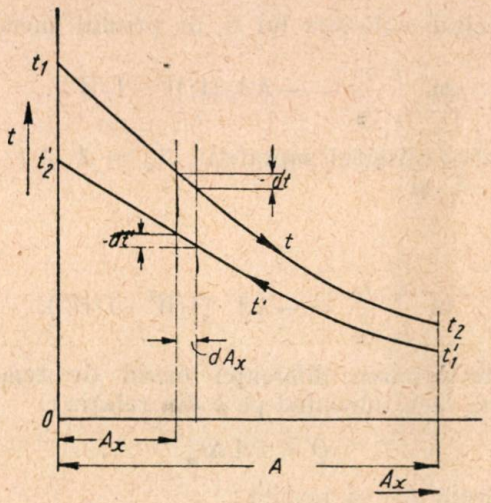


Fig. 1

Căldura transmisă pe oră printr-un element de suprafaţă dA_x este :

$$dQ = k\, dA_x\, (t-t') \text{ kcal/h}.$$

Această cantitate de căldură trebuie să fie egală cu cea cedată, respectiv primită, de fluidele separate prin peretele despărţitor. Această căldură este în general :

$$dQ = Gc\, dt.$$

Se va considera mai întîi cazul unui aparat în contracurent, în care mersul temperaturilor este ca în figură. Se observă că în raport cu sensul admis al parcurgerii suprafeţei încălzitoare, ambele variaţii ale temperaturilor fluidelor sînt negative ($-dt$ şi $-dt'$) şi deci :

$$dQ = -W dt, \qquad dQ = -W' dt',$$

sau

$$dt = -dQ/W \qquad dt' = -dQ/W'.$$

Scăzînd valoarea lui dt' din cea a lui dt

$$dt - dt' = -dQ\,(1/W - 1/W'),$$

sau

$$d\,(t-t') = -dQ\,(1/W - 1/W').$$

Inlocuind pe dQ în relaţia de mai sus,

$$d\,(t-t') = -k\, dA_x\,(t-t')\,(1/W - 1/W')$$

şi împărţind cu $t-t'$ şi integrînd, rezultă :

$$\ln\,(t-t') = -kA_x\,(1/W - 1/W') + C.$$

Constanta de integrare se defineşte prin condiţia de limită scriind că la începutul suprafeţei cînd $A_x = 0$:

$$t - t' = t_1 - t_2'.$$

deci :

$$\ln (t_1 - t_2') = C.$$

Trecînd valoarea lui C în primul membru :

$$\ln \frac{t-t'}{t_1-t_2'} = -kA_x(1/W - 1/W'). \qquad (1)$$

Pentru sfîrşitul suprafeţii, $A_x = A$ şi $t - t' = t_2 - t_1'$ şi

deci :

$$\ln \frac{t_2-t_1'}{t_1-t_2'} = -kA\ (1/W - 1/W'). \qquad (2)$$

Determinarea diferenţei medii de temperatură se face înlocuind pe k din relaţia :

$$Q = kA\,\Delta t_m$$

în relaţia (2) şi rezultă :

$$\ln \frac{t_2-t_1'}{t_1-t_2'} = -\frac{Q}{\Delta t_m}(1/W - 1/W')$$

deci :

$$\Delta t_m = \frac{Q(1/W' - 1/W)}{\ln \dfrac{t_2-t_1'}{t_1-t_2'}}$$

Deoarece :

$$Q = W\ (t_1 - t_2) \text{ şi } Q = W'\ (t_2' - t_1'),$$

rezultă schimbînd semnele şi aranjînd termenii :

$$\Delta t_m = \frac{(t_1-t_2')-(t_2-t_1')}{\ln \dfrac{t_1-t_2'}{t_2-t_1'}}.$$

Temperaturile fluidelor (curente şi finale) se obţin făcînd delogaritmarea relaţiei 1 :

$$\frac{t-t'}{t_1-t_2'} = e^{-kA_x\,(1/W - 1/W')}$$

şi deci temperatura curentă este :

$$t = t' + (t_1 - t_2')\ e^{-kA_x\,(1/W - 1/W')}.$$

Examinînd din nou fig. 1 se vede că pînă la ajungerea fluidelor la temperaturile t, respectiv t', fluidul cald a cedat de la t_1 la t o cantitate de căldură

$$Q = W\ (t_1 - t),$$

iar în acelaşi timp fluidul rece căruia i-a variat temperatura de la t_2', pînă la t' a preluat o cantitate de căldură.

$$Q = W'(t_2' - t'),$$

In presupunerea că schimbul se face fără pierderi spre exterior, cele două cantităţi de căldură sînt egale şi deci :

$$t' = t_2' - \frac{W}{W'}(t_1 - t). \qquad (3)$$

Introducînd această valoare în ecuaţia temperaturii curente a fluidului cald, rezultă :

$$t = t_2' - (W/W')\ (t_1 - t) + (t_1 - t_2')\ e^{-kA_x\,(1/W - 1/W')}$$

şi rezolvînd în raport cu t :

$$t = \frac{W't_2' - Wt_1 + W'(t_1 - t_2')\ e^{-kA_x\,(1/W - 1/W')}}{W' - W}, \text{ în °C.} \qquad (4)$$

In această ecuaţie nu este cunoscută temperatura de ieşire t_2' a fluidului rece.

Pentru a o determina se observă că t la finele suprafeţii, adică pentru $A_x = A$, devine t_2 :

$$t_2 = \frac{W't_2' - Wt_1 + W'(t_1 - t_2')\ e^{-kA\ (1/W - 1/W')}}{W' - W},$$

Ecuaţia conţine două necunoscute, t_2 şi t_2', care sînt însă legate între ele prin relaţia :

$$W(t_1 - t_2) = W'(t_2' - t_1') \qquad (5)$$

şi deci :

$$t_2 = t_1 - (W'/W)\ (t_2' - t_1'). \qquad (6)$$

Punînd acum pe t_2 în ecuaţia de mai sus şi ordonînd după singura necunoscută t_2', se obţine :

$$t_2' = \frac{t_1'(W' - W) + Wt_1\left(1 - e^{-kA\ (1/W - 1/W')}\right)}{W' - We^{-kA\ (1/W - 1/W')}}.$$

Dacă se introduce valoarea lui t_2' în ecuaţia de mai sus, care dă pe t se obţine temperatura curentă a fluidului cald t, dată de relaţia (4), iar valoarea astfel obţinută introdusă în ecuaţia (3) de mai sus ne dă valoarea temperaturii curente a fluidului rece t'.

Temperatura finală a fluidului cald t_2 se obţine din ecuaţia (6) introducînd acolo valoarea lui t_2' aflată aici. S-a obţinut astfel relaţii complete pentru toate cele şase temperaturi ; finale curente şi iniţiale.

Cantităţile de căldură trecute se obţin din ecuaţiile (5) care acum cuprind numai temperaturi cunoscute.

$$Q = (t_1 - t_1')W\,\frac{1 - e^{-kA\ (1 - W/W')/W}}{1 - \dfrac{W}{W'}e^{-kA\ (1 - W/W')/W}}.$$

Dacă $W = W'$, ceea ce se poate întîmpla deseori, se obţine pentru Q o formă nedeterminată. Se găsesc atunci, prin diferenţierea numărătorului şi numitorului în raport cu W/W', urătoarele valori :

$$t = t_1 - (t_1 - t_1')\ A_x/(A + W/k).$$

Dacă se face $A_x = A$, se obţine temperatura finală a fluidului cald

$$t_2 = t_1 - (t_1 - t'_1)/(1 + W/kA).$$

Temperatura curentă a fluidului rece se obţine :

$$t' = t_1 - (t_1 - t'_1)\frac{1 + kA_x/W}{1 + kA/W}.$$

Temperatura de ieşire a fluidului rece se obţine punînd $A_x = o$;

$$t'_2 = t_1 - (t_1 - t'_1)/(1 + kA/W),$$

iar căldura schimbată este :

$$Q = (t_1 - t'_1)\frac{W'}{1 + W/kA}.$$

Cu aceasta avem toate elementele unui calcul complet al procesului termic.

Dacă în loc de contracurent ,cum s-a presupus pînă aci, se consideră un aparat în echicurent, mersul calculului este acelaşi, cu observaţia că în ecuaţia iniţială dt' are semnul + în raport cu sensul în care parcurgem suprafaţa încălzitoare şi în toate relaţiile următoare se ţine

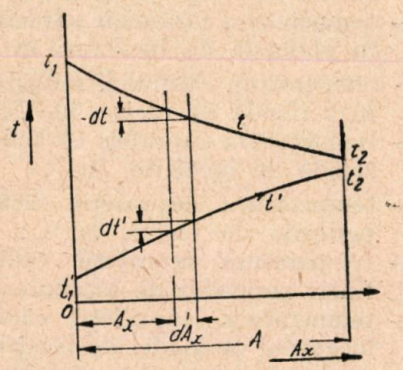


Fig. 2

seama în calcul de schimbarea de semn intervenită. Calculul fiind în totul similar şi avînd aici a expune numai principiul general de calcul nu se mai dă şi calculul respectiv pentru echicurent.

Urmînd exact aceeaşi cale ca mai sus, se poate stabili trecerea căldurii în regimul tranzitoriu. In realitate, chiar atunci cînd se consideră k constant, este totuşi o variaţie a trecerii căldurii întrucît şi k este dependent de variaţia temperaturii.

Pentru un studiu logic ar fi indicat a face pe k dependent de temperatură, dar calculul duce la ecuaţii diferenţiale ce nu se pot rezolva decît prin serii. Este deci mai bine a face pe k dependent de suprafaţa A_x, punînd pe k sub forma unei funcţiunii simple cu mai multe constante.

$$k = a + b\,A_x^n$$

ceea ce permite să se ajungă la soluţii nu mult mai complicate ca cele precedente.

Anterior s-a găsit relaţia :

$$d(t - t') = -k(t - t')\,(1/W - 1/W')\,dA_x. \qquad (7)$$

La integrarea ecuaţiei se va observa că de astădată k este dependent de A_x, deci :

$$\frac{d(t-t')}{t-t'} = -\,dA_x(a + bA_x^n)\,(1/W - 1/W').$$

Integrînd rezultă :

$$\ln(t - t') = -\left(aA_x + \frac{b}{n+1}A_x^{n+1}\right)(1/W - 1/W') + C.$$

Constanta de integrare se determină ca şi în regimul permanent ţinînd seama, că pentru $A_x = o$

$$\ln(t_1 - t'_2) = C$$

şi deci :

$$\ln\frac{t - t'}{t_1 - t'_2} = -\left(aA_x + \frac{b}{n+1}A_x^{n+1}\right)(1/W - 1/W').$$

Făcînd delogaritmarea, se obţine :

$$t = t' + (t_1 - t'_2)\,e^{-\left(aA_x + \frac{b}{n+1}A_x^{n+1}\right)(1/W - 1/W')}.$$

Pentru prescurtare se pune

$$k_{mx} = a + bA_x^n/(n + 1)$$

şi rezultă :

$$t = t' + (t_1 - t'_2)\,e^{-k_{mx}A_x(1/W - 1/W')}.$$

Această ecuaţie se deosebeşte de cea precedentă numai prin faptul că în loc de k constant, se găseşte k_{mx} variabil cu timpul.

Procedînd exact ca în cazul regimului permanent se obţine temperatura finală a fluidului cald.

$$t_2 = t_1 - (t_1 - t'_1)\cdot$$

$$\cdot\frac{W'}{W}\left[1 - \frac{1 - \frac{W}{W'}}{1 - \frac{W}{W'}\,e^{-\frac{k_m A}{W}\left(1 - \frac{W}{W'}\right)}}\right], \text{ în °C.}$$

Temperatura curentă a fluidului cald se obţine :

$$t = t_1 - (t_1 - t'_1)\,\frac{1 - e^{-\frac{k_{mx}A_x}{W}\left(1 - \frac{W}{W'}\right)}}{1 - \frac{W}{W'}\,e^{-\frac{k_m A}{W}\cdot\left(1 - \frac{W}{W'}\right)}}, \text{ în °C.}$$

Temperatura curentă a fluidului rece :

$$t' = t_1 - (t_1 - t'_1)\,\frac{1 - \frac{W}{W'}\,e^{-\frac{k_{mx}A_x}{W}\cdot\left(1 - \frac{W}{W'}\right)}}{1 - \frac{W}{W'}\,e^{-\frac{k_m A}{W}\left(1 - \frac{W}{W'}\right)}}, \quad \text{în °C}$$

Temperatura finală a fluidului rece :

$$t'_2 = t_1 - (t_1 - t'_1)\frac{1 - \frac{W}{W'}}{1 - \frac{W}{W'}\,e^{-\frac{k_m A}{W}\left(1-\frac{W}{W'}\right)}}, \text{ în °C.}$$

In aceste ecuaţii coeficientul mediu de trecere curent este :

$$k_{mx} = a + bA_x^n/(n+1).$$

şi coeficientul mediu de trecere pe toată suprafaţa

$$k_m = a + bA^n/(n+1).$$

Rezultă deci că în orice aparat de transmisie de căldură cu regim tranzitoriu, se pot folosi ecuaţiile generale din regimul permanent introducînd în locul coeficientului constant de transmisie a căldurii k, un coeficient de transmisie mediu k_m care trebuie stabilit.

Determinarea acestui coeficient se face cel mai bine astfel : se admite o variaţie liniară a lui k în raport cu A_x, atunci $n=1$ şi :

$$k_m = a + bA/2$$

In acest caz, k_m este media aritmetică a celor doi coeficienţi de trecere de la începutul şi sfîrşitul suprafeţii :

$$k_1 = a$$

$$k_2 = a + bA$$

$$k_m = \frac{a + a + bA}{2} = a + \frac{b}{2}A.$$

Dacă cercetările experimentale făcute asupra aparatului ar dovedi că n nu poate fi egal cu 1 atunci se pot face încercări succesive în modul următor :

Pentru începutul suprafeţei $A_x = 0$, se va găsi totdeauna

$$k = a,$$

astfel că valoarea lui a va fi totdeauna fixată.

Valoarea coeficientului b care este :

$$b = (k-a)/A^n$$

va fi obţinută luînd pe k de la finele suprafeţii încălzitoare.

Aceste metode de calcul sînt folositoare în special în calculul regeneratorilor, în care masa de zidărie acumulatoare de căldură este succesiv încălzită de gazele calde ieşite din cuptor şi răcită de aerul dat de maşinile suflate pentru întreţinerea combustiunii la temperatură ridicată.

3. Studiul transmisiei căldurii prin convecţie şi radiaţie în aparate cu funcţionare alternativă

Cea mai importantă aplicare a transmisiei căldurii prin convecţie şi radiaţie în regim tranzitoriu se găseşte în aparatele denumite regeneratori. In aceste aparate, căldura gazelor calde este preluată de un material servind ca acumulator de căldură, uneori metal, alte ori cărămidă refractară, pentru a fi apoi cedată aerului care este încălzit spre a fi utilizat la realizarea unei combustiuni cu randament superior.

Un astfel de aparat trebuie deci să funcţioneze ritmic pentru a permite succesiv trecerea gazelor, respectiv a aerului prin aceeaşi masă de material. Se obţine un coeficient mare de trecere a căldurii, în schimb aparatele au desavantajul că cer o aparatură complicată de schimbare a sensului de mers al gazelor şi aerului. Aparatele sînt întrebuinţate în oţelării la cuptoarele Siemens-Martin în industria sticlei şi în unele industrii chimice.

Timpul cît durează o operaţie completă constituie un ciclu. Acesta este compus dintr-o perioadă de încălzire şi din una de răcire.

Intrucît în acest studiu intră frecvent în calcule atît timpul cît şi temperatura, se va recurge la notarea uzuală a temperaturii cu t şi a timpului cu θ.

Se vor face prin urmare următoarele notaţii :

- t_c este temperatura cărămizii refractare variabilă în timp şi spaţiu, în °C ;
- t_{cm} — temperatura cărămizii refractare medie în perioada de încălzire, în °C ;
- t'_{cm} — temperatura cărămizii refractare medie în perioada de răcire, în °C ;
- t_{ce} — temperatura suprafeţi cărămizii în perioada de încălzire, în °C ;
- t'_{ce} — temperatura suprafeţii cărămizii în perioada de răcire, în °C ;
- t_{ce_1} — temperatura suprafeţii cărămizii la finele perioadei de încălzire în °C ;
- t_{ce_2} — temperatura suprafeţii cărămizii la începutul perioadei de încălzire în °C ;
- t — temperatura gazelor arse în perioada de încălzire, în °C ;
- t' — temperatura aerului în perioada de răcire, în °C ;
- t_{cm_1} — temperatura medie a cărămizii la finele perioadei de încălzire egală cu cea mai mare temperatură medie a cărămizii, în °C ;
- t_{cm_2} — temperatura medie a cărămizii la începutul perioadei de încălzire, egală ce cea mai mică temperatură medie a cărămizii, în °C ;
- Δt_{ce} — diferenţa medie de temperatură a suprafeţii cărămizii pe ciclu în °C ;
- θ — durata perioadei de încălzire în ore, precum şi timpul ca variabilă ;
- θ' — durata perioadei de răcire în ore ;
- L — durata unui ciclu egală cu : $L = \theta + \theta'$, în ore ;
- s — grosimea cărămizii, în m ;
- x — adîncimea de la suprafaţa cărămizii pînă la punctul considerat în m ;
- $a = \lambda/\gamma . c$;
- q — transmisia de căldură specifică, în kcal/m^2.h

k_r — coeficient real de trecere a căldurii pe ciclu, în kcal/m^2.L. grad ;

k_i — coeficient ideal, în kcal/m^2.L.grad ;

Coeficienţii de trecere sînt la fel cu cei obişnuiţi, cu diferenţa că se referă la ciclu şi nu la oră.

Se va începe calculul cu regeneratorul cel mai simplu şi anume cu regeneratorul ideal adică aparatul în care temperatura medie în timpul perioadei de încălzire este aceeaşi cu cea din timpul perioadei de răcire.

Un astfel de regenerator ar trebui să aibă o grosime a cărămizii infinită şi coeficient de conducţie infinit, sau căldură specifică infinită căci numai în acest caz temperatura medie ar putea fi aceeaşi în ambele perioade. Mersul temperaturilor în acest caz este ca în fig. 3.

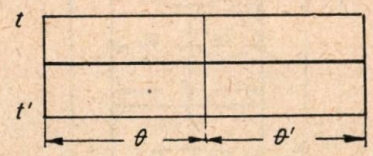


Fig. 3

In regeneratorul real mersul temperaturilor este altul. Se poate uşor vedea că dacă s-ar merge la limita extremă opusă, cînd grosimea cărămizii ar fi nulă sau coeficientul de conducţie nul, mersul temperaturilor ar fi dat de fig. 4, în care, în prima perioadă temperatura

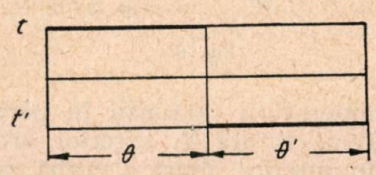


Fig. 4

cărămizii ar fi constantă şi egală cu temperatura gazelor, în a doua perioadă ar fi iar constantă şi egală cu tempearatura aerului, deci nu s-ar obţine nici o înmagazinare de căldură. Temperaturile medii în timpul perioadelor ar fi deci chiar tenperaturile mediilor fluide cald şi rece.

Regeneratorul real va fi deci o medie constructivă între cele două limite extreme considerate şi curba temperaturilor va fi ca în fig. 5.

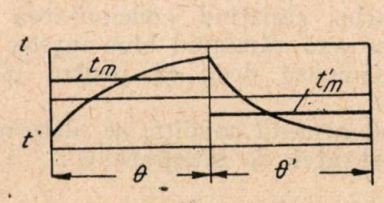


Fig. 5

La începutul încălzirii temperatura materialului va creşte repede şi apoi mai încet, iar la răcire, temperatua va scădea la început repede şi apoi încet, ceea ce este uşor de înţeles dacă se ţine seama de diferenţele de temperaturi dintre material şi fluide. Temperaturile medii vor fi diferite între ele, nu vor fi nici egale ca în cazul limită al regeneratorului ideal, dar nici extreme ca în cazul al doilea indicat în fig. 4.Cu aceste consideraţii calculul regeneratorului ideal va fi identic cu al unui recuperator lucrînd în mers continuu în echicurent sau contracurent, în regim permanent sau tranzitoriu. Valorile obţinute pentru temperaturi şi căldura trecută sînt valabile pentru o perioadă în loc de o oră. Ecuaţiile obţinute sînt valabile şi pentru cazul coeficienţilor de trecere variabili.

Cantitatea de căldură trecută de la gaze la aer în timpul unui ciclu pentru un element de suprafaţă infinit mic dA_x se poate scrie :

$$dQ = k_i\ (t-t')\ dA_x, \text{ în kcal/L.}$$

In aceste condiţii, mersul calculului este identic cu cel al unui recuperator cu mers continuu în contracurent atît în regim permanent cît şi tranzitoriu. Valorile obţinute pentru temperaturi şi căldura trecută sînt valabile pe o perioadă în loc de o oră. Ecuaţiile obţinute sînt valabile şi pentru cazul coeficienţilor de trecere variabili. Problema de bază a calculului transmisiei de căldură rămîne stabilirea în primul rînd a coeficientului de transmisie ideal k_i din coeficienţii de convecţie α şi α'.

Conform definiţiei coeficientului de transmisie pe ciclu :

$$Q = k_i\,(t-t')\ \text{kcal/m}^2\cdot\text{L}$$
$$Q = \alpha\,(t-t_c)\ \theta\ \text{kcal/m}^2\ \text{L}$$

θ fiind perioada de încălzire, iar t_c temperatura medie a suprafeţei cărămizii.

Admiţînd că temperatura medie a cărămizii este la fel de mare în perioada de răcire ca şi în perioada de încălzire rezultă :

$$Q' = \alpha'\ (t_c-t')\ \theta'\ \text{kcal/L.}$$

Admiţînd apoi că pierderile spre exterior sînt nule, urmează că în regim normal :

$$Q = Q'$$

şi egalînd membrii ai doilea din ecuaţiile de mai sus :

$$t_c = \frac{\alpha t\,\theta + \alpha' t'\,\theta'}{\alpha\,\theta + \alpha'\,\theta'}.$$

Din precedentele relaţii rezultă :

$$k_i\,(t-t') = \alpha t\theta - \alpha t_c\cdot\theta.$$

Introducînd aici pe t_c de mai sus şi făcînd calculul algebric se obţine :

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha\cdot\theta} + \frac{1}{\alpha'\cdot\theta'}}\ \text{kcal/m}^2\ \text{L}\cdot\text{grd.}$$

Se trece acum la calculul regeneratorului real, care reprezintă tipul cel mai potrivit de aparat lucrînd în regim tranzitoriu.

Calculul coeficientului de trecere se face în mod asemănător cu cel ideal, cu deosebirea că de astădată nu se va mai considera aceeaşi temperatură medie pentru ambele perioade, ci se vor lua separat

t_c — temperatura suprafeţei cărămizi în perioada de încălzire şi

t_c' — temperatura suprafeţii cărămizii în perioada de răcire.

Pentru un regenerator real se găseşte : căldura transmisă în cursul unui ciclu :

$$Q = k_r\ (t - t')\ \text{kcal/L} \qquad (8)$$

căldura dată de gaze cărămizii în perioada de încălzire

$$Q = \alpha\ (t - t_c)\ \theta\ \text{kcal/L} \qquad (9)$$

căldura dată de cărămizi aerului în perioada de răcire

$$Q = \alpha'\ (t_c' - t')\ \theta'\ \text{kcal/L}.$$

Se presupune că s-a obţinut din măsurători :

$$t_c - t_c' = \Delta t_c\ ^\circ\text{C}.$$

Intrucît coeficientul de trecere trebuie să fie folosit în calcul fără a cunoaşte temperatura cărămizii, se va elimina t_c

$$\alpha\ (t - t_c)\ \theta = \alpha'\ (t_c' - t')\ \theta'.$$

Inlocuind pe :

$$t_c' = t_c - \Delta t_c,$$

rezultă :

$$\alpha\ (t - t_c)\ \theta = \alpha'\ (t_c - \Delta t_c - t')\ \theta',$$

şi se deduce valoarea lui t_c :

$$t_c = \frac{\alpha t\,\theta + \alpha'\,\theta'\,\Delta t_c + \alpha' t'\,\theta'}{\alpha\,\theta + \alpha'\,\theta'}.$$

Egalînd ecuaţiile (8) şi (9) :

$$k_r\,(t - t') = \alpha\ (t - t_c)\ \theta$$

şi introducînd valoarea lui t_c găsită mai sus, se obţine :

$$k_r = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha\,\theta} + \dfrac{1}{\alpha'\,\theta'}}\left(1 - \frac{\Delta t_c}{t - t'}\right),$$

şi deci :

$$k_r = k_i\left(1 - \frac{\Delta t_c}{t - t'}\right) = k_i\left(1 - \frac{t_c - t_c'}{t - t'}\right).$$

Rezultă, prin urmare, că este necesar să se stabilească diferenţa de temperatură Δt_c a cărămizii între perioada de încălzire şi răcire.

Pentru aceasta se recurge la ecuaţia diferenţială Fourier pentru conducţia căldurii în regim tranzitoriu :

$$\frac{\partial t_c}{\partial \theta} = a\left(\frac{\partial^2 t_c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t_c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t_c}{\partial z^2}\right).$$

In calculul ce urmează se va considera ca şi pînă acum θ timpul cît durează perioada de încălzire, θ' timpul perioadei de răcire şi se va nota cu θ timpul ca variabilă în ecuaţii.

Prin temperatura în interiorul cărămizii t_c se va înţelege valoarea temperaturii cărămizii la distanţa x de la suprafaţa exterioară a acesteia.

Pentru a se putea rezolva mai uşor problema, se vor face unele ipoteze simplificatoare, care nu sînt mult departe de realitate.

Se admite că transmisia căldurii se face numai în direcţie normală pe suprafaţa exterioară a cărămizii deci, în ori ce plan $y-z$ temperatura este aceeaşi. Rezultă că diferenţialele temperaturii în raport cu coordonatele y şi z sînt nule şi operatorul Laplace rămîne numai cu primul termen.

Se admite apoi că variaţia temperaturii cărămizii în toate punctele sale este liniară, deci :

$$\partial t_c/\partial\theta = \text{const.}$$

In aceste condiţii ,prima integrare nedefinită a ecuaţiei dă :

$$a\frac{\partial t_c}{\partial x} = \frac{\partial t_c}{\partial \theta}\cdot x + C.$$

Pentru determinarea constantei se procedează în felul următor. Se reprezintă grafic (fig. 6)

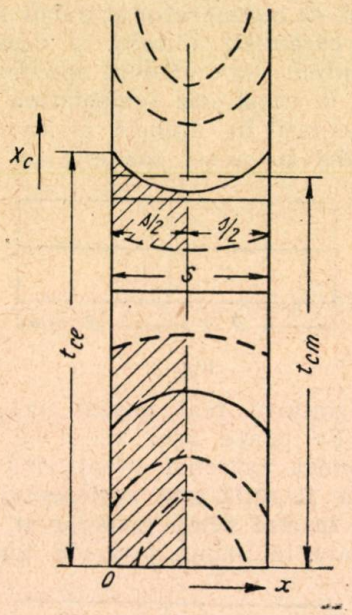


Fig. 6

variaţia temperaturii cărămizii în perioada de încălzire. Temperatura la exterior creşte mai repede ca în interior, după o curbă cu concavitate în sus. La centru, tangenta la curbă trebuie să fie orizontală pentru motive de simetrie, întrucît cărămida este încălzită egal pe ambele părţi. Curba se deplasează continuu în sus cît timp durează perioada de încălzire. La schimbarea şiberului, cînd începe perioada de răcire, curba temperaturilor coboară, temperaturile scad mai repede la exterior, ajungînd un moment cînd curba este o linie dreaptă orizontală, temperatura la interior este egală cu cea de la suprafaţă, apoi răcirea continuînd temperaturile la exterior scad mai repede ca la centru, curba căpătînd concavitatea în jos, tangenta pe axă rămînînd bine înţeles tot orizontală. Urmează deci, că pentru $x = s/2$; $\partial t_c/\partial x = 0$.

Impunînd această condiţie se determină valoarea constantei de integrare C :

$$C = -\frac{\partial t_c}{\partial \theta}\cdot\frac{s}{2}.$$

Introducînd această valoare a constantei în ecuaţie şi integrînd a doua oară, se găseşte :

$$\alpha t_c = \frac{1}{2}\frac{\partial t_c}{\partial \theta}x^2 - \frac{\partial t_c}{\partial \theta}\frac{s}{2}\cdot x + C_1.$$

Constanta de integrare C_1 se determină prin condiţia limită scriind că pentru $x = o$ temperatura cărămizii devine :

$$t_c = t_{ce}$$

care este temperatura la suprafaţa exterioară a cărămizii.

Rezultă : $a\,t_{ce} = C_1$

şi ecuaţia devine :

$$at_c = \frac{1}{2}\frac{\partial t_c}{\partial \theta}x^2 - \frac{\partial t_c}{\partial \theta}\frac{s}{2}\cdot x + a\,t_{ce}.$$

Pentru a calcula căldura transmisă, trebuie să se stabilească valoarea temperaturii medii a cărămizii care s-a notat cu t_{cm}. Pentru a obţine valoarea ei, se va integra ecuaţia curbei de temperaturi între o şi $s/2$ şi se va împărţi aria obţinută cu $s/2$ Deci :

$$t_{cm} = \frac{1}{\frac{s}{2}}\int_0^{s/2} t_c \cdot dx.$$

Introducînd în integrala de mai sus valoarea lui t_c găsită anterior, rezultă :

$$t_{cm} = \frac{2}{s}\cdot\frac{1}{a}\cdot\frac{1}{2}\int_0^{s/2}\frac{\partial t_c}{\partial \theta}x^2\cdot dx - \frac{2}{s}\cdot\frac{1}{a}\cdot\frac{s}{2}\int_0^{s/2}\frac{\partial t_c}{\partial \theta}\cdot x\cdot dx + \frac{2}{s}\int_0^{s/2} t_{ce}\,dx.$$

de unde :

$$t_{cm} = t_{ce} - \frac{1}{12}\frac{s^2}{a}\cdot\frac{\partial t_{cm}}{\partial \theta}. \qquad (10)$$

In mod analog, se va găsi pentru perioada de răcire, în care diferenţiala temperaturii va trebui să intre cu semnul minus, valoarea :

$$t'_{cm} = t'_{ce} + \frac{1}{12}\frac{s^2}{a}\frac{\partial t'_{cm}}{\partial \theta}. \qquad (11)$$

Se poate scrie acum valoarea căldurii cedate sau preluate pe 1 m² de suprafaţă exterioară a cărămizii, într-o oră.

$$q = 1\cdot\frac{s}{2}\cdot\gamma\cdot c\,(t_{cm_1} - t_{cm_2})\ \text{kcal/m}^2.\text{h}.$$

Paranteza reprezintă variaţia temperaturii medii într-o perioadă de încălzire şi deci :

$$t_{cm_1} - t_{cm_2} = \frac{\partial t_{cm}}{\partial \theta}\cdot\theta.$$

De asemeni :

$$t_{cm_1} - t_{cm_2} = -\frac{\partial t'_{cm}}{\partial \theta}\cdot\theta.$$

Intrucît cantitatea de căldură primită trebuie să fie egală cu cea cedată aerului, se va găsi :

$$q = \gamma c\cdot\frac{s}{2}\frac{\partial t_{cm}}{\partial \theta}\theta = -\gamma c\cdot\frac{s}{2}\frac{\partial t'_{cm}}{\partial \theta}\theta'.$$

Se scot valorile derivatelor temperaturilor în raport cu timpul din relaţiile de mai sus şi se introduc în ecuaţiile (10) şi (11) :

$$t_{ce} - t_{cm} = \frac{1}{12}\frac{s^2}{a}\frac{2g}{\gamma\cdot c\cdot s\cdot\theta} = \frac{q\cdot s}{6\lambda\theta} \qquad (12)$$

$$t'_{cm} - t'_{ce} = \frac{1}{12}\cdot\frac{s^2}{a}\cdot\frac{2q}{\gamma\cdot c\cdot s\cdot\theta'} = \frac{q\cdot s}{6\lambda\theta'}. \qquad (13)$$

Se mai face acum o ipoteză simplificatoare, considerînd temperaturile medii în ambele perioade ale ciclului egale, deci :

$$t_{cm} = t'_{cm}.$$

Adunînd ecuaţiile (12) şi (13) rezultă :

$$t_{ce} - t'_{ce} = \Delta t_{ce} = \frac{qs}{6\lambda}\left(\frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta'}\right). \qquad (14)$$

Introducînd această valoare a diferenţei de temperatură în ecuaţia lui k_r;

$$k_r = k_i(1-q)\frac{\frac{s}{6\lambda}\left(\frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta'}\right)}{t - t'},$$

şi ţinînd seama de definiţia lui k_r rezultată din relaţia iniţială :

$$k_r = \frac{q}{t - t'},$$

se obţine :

$$k_r = \frac{k_i}{1 + k_i\left(\frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta'}\right)\frac{s}{6\lambda}}.$$

Impărţind numărătorul şi numitorul cu k_i şi punînd valoarea lui stabilită anterior se obţine :

$$k_r = \frac{1}{\frac{1}{\alpha\theta} + \frac{1}{\alpha'\theta'} + \left(\frac{1}{\theta} + \frac{1}{\theta'}\right)\frac{s}{6\lambda}}\ \text{kcal/m}^2\,\text{L}\cdot\text{grad}.$$

Acesta este coeficientul de trecere pe perioadă al regeneratorului real.

Diferite calcule şi cercetări experimentale au fost făcute pentru stabilirea unei valori cît mai juste. Rezultatul este că coeficientul numeric 6 de la numitor trebuie să fie mai mare, circa 7 sau 8. In felul acesta se poate rezolva problema transmisiei căldurii în aparatele regeneratoare care reprezintă tipul aparatului de transmisie în regim tranzitoriu în timp şi spaţiu.

★

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ КОНВЕКЦИЕЙ И РАДИАЦИЕЙ В ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ

Резюме

В статье дается метод расчета процессов теплопередачи конвекцией и радиацией в переходном режиме. Имея в виду разнообразность этого рода вопросов, статья ограничивается изложением трех обычно встречающихся случаев: нагрев металлов, расчет теплообменников и нагрев регенераторов используемых в черной металлургии и некоторых отраслях химической промышленности.

A. P. MAMET: Coroziunea echipamentului centralelor şi reţelelor termice. G. E. I. Moscova-Leningrad (trad. din limba rusă, Editura Energetică de Stat, 1955).

Problema coroziunii în utilajul industrial în general nu este nouă dar abia în ultimele decenii s-au alcătuit lucrări de valoare ştiinţifică în această problemă şi s-a arătat calea prevenirii coroziuni metalelor din care este construit acest utilaj.

In lucrările generale privind coroziunea nu se descrie într-o măsură suficientă condiţiile specifice de coroziune a metalelor şi aliajelor în anumite ramuri industriale printre care şi instalaţiile termice de forţă şi nu se poate aduna laolaltă materialul documentar acumulat în ultima vreme cu privire la cercetările experimentale şi observaţiile din exploatare în materie de coroziunea echipamentului, ordonîndu-l după cunoştinţele moderne despre coroziunea metalelor.

Problemele principale privitoare la coroziune şi la protecţia echipamentului termic sînt tratate explicit în lucrarea „Coroziunea echipamentului centralelor şi reţelelor termice", pe baza cunoştinţelor moderne în materie. Se dă o atenţie deosebită bazelor teoretice a coroziunii electrochimice a metalelor şi se analizează caracterul deteriorărilor pieselor metalice componente ale sistemului abur-apă din centralele electrice; se analizează influenţa pe care o au diferiţii factori asupra procesului de coroziune şi se dau descrierile metodelor de protecţie contra coroziunii.

Autorul tratează, în primul din cele treisprezece capitole ale lucrării sale, bazele teoretice ale coroziunii metalelor; arată coroziunea chimică şi cea electrochimică şi tratează despre termodinamica şi cinematica proceselor de coroziune electrochimică, accentuînd asupra factorilor principali care participă la procesul de coroziune.

Capitolul al doilea cuprinde descrierea particularităţilor coroziunii metalelor în gospodăria termică de forţă. Aci sînt arătate caracterele utilajului şi mediului, metodele utilizate în gospodăria termică de forţă etc. Se descrie specificul coroziunii utilajului termic de forţă şi viteza de coroziune admisibilă.

In capitolul al treilea, intitulat „Coroziunea utilajului pentru prepararea apei" se arată pe larg influenţa diferiţilor factori asupra coroziunii metalelor şi se dau metodele de protecţie împotriva acestei coroziuni. In acelaşi capitol sînt date şi caracteristicele proceselor de coroziune.

Autorul trece apoi la studiul coroziunii reţelelor de alimentare şi a conductelor de condensat, tratînd în capitolul al patrulea despre condiţiile de funcţionare ale metalelor, influenţa diferiţilor factori asupra coroziunii metalelor, coroziunea exterioară a economizoarelor şi preîncălzitoarelor cum şi a pompelor de alimentare.

O extindere deosebit de mare se dă în această lucrare coroziunii suprafeţelor de încălzire, a tamburelor cazanelor de abur. In capitolul V consacrat acestei părţi a problemei, autorul expune condiţiile de funcţionare ale cazanelor, coroziunea uniformă, prin cavităţi, în formă de scoici, influenţa cuprului, coroziunea alcalină şi fragilitatea datorită alcaliilor, coroziunea datorită amestecului abur-apă, a ţevilor de cazan etc. Ca metodă de protecţie se dau: degazarea apei, fixarea oxigenului, introducerea de încetinitori minerali (bicromat de potasiu, azotat de potasiu) şi organici (extracte tanante, leşii sulfitice rămase de la prelucrarea celulozei etc); deasemenea se recomandă menţinerea pH-ului apei la nivelul 9-10, ameliorarea circulaţiei, egalarea solicitărilor termice în diferitele regiuni ale metalului, prevenirea acumulărilor de nămol pe suprafeţele de încălzire, evitarea stratificării emulsiei de abur şi apă şi a stagnării aburului, înlesnirea unui exces de aer în focare precum şi respectarea regulelor de prevenire a coroziunii metalelor în timpul nefuncţionării utilajului, şi al spălării acide pentru a se evita mărirea coroziunii ţevilor de cazan în perioadele de funcţionare a utilajelor.

In capitolele VI—VII—VIII este tratată coroziunea supraîncălzitoarelor şi conductelor cu abur, a ţevilor condensatoarelor şi reţelelor termice a instalaţiilor de alimentare cu apă caldă şi conductelor de întoarcere a condensatului. In descrierea coroziunii se urmează aceeaşi linie ca în cap. V şi se expun la fel metodele de protecţie pentru aceste părţi ale sistemului.

Capitolul al nouălea studiază coroziunea utilajului termic de forţă în timpul cînd acesta nu funcţionează. Se arată caracteristicele coroziunii cauzate de staţionare, modul în care are loc coroziunea şi, ca în capitolele precedente, se dau metode de protecţie specifice pentru împiedicarea coroziunii utilajului în timpul nefuncţionării.

Degazarea termică a apei are un rol important în prevenirea coroziunii. Capitolul X care tratează despre această degazare, expune procesele de degazare termică a apei şi descrie tipurile de degazare termică, dînd condiţiile principale de construcţie raţională a degazoarelor termice, perfecţionarea lor eliminarea CO_2 liber din apă cu ajutorul aerului etc.

Eliminarea oxigenului din apă prin metode chimice face obiectul capitolului al XI-lea. După o clasificare a metodelor chimice de eliminare a oxigenului din apă, se arată modul de tratare cu sulfiţi şi alţi reactivi reductori, metode de eliminare chimică a oxigenului din apă prin filtrare şi eliminarea electrochimică a oxigenului din apă.

Problema protecţiei metodelor la spălarea cu acid este tratată în capitolul al doisprezecelea. Se arată în acest capitol acţiunea de protecţie a inhibitorilor acizi, viteza de coroziune a oţelului în acizi puri, eficacitatea diverşilor încetinitori, influenţa diferiţilor factori asupra eficacităţii inhibitorilor coroziunii acide şi utilizarea inhibitorilor din această categorie.

Capitolul final se ocupă de metode de control al dinamicii coroziunii în exploatare; descrierea şi aprecierea mărimii coroziunii în exploatare, utilizarea indicatorilor de coroziune, metodele de măsurare cu ajutorul regiunilor de control, observaţii asupra dezvoltării coroziunii şi asupra creşterii produselor de coroziune şi în fine determinarea corosivităţii apei de cazan. Se arată că apa se consideră necorosivă dacă în cursul a trei experienţe consecutive, la 30, 60, 90 zile, nu se formează pe mostrele folosite, fisuri intercristaline tipice.

Lucrarea posedă o vastă bibliografie de peste 150 lucrări de bază şi de actualitate, grupate pe capitolele din carte. Numeroase grafice şi clişee fac textul mai uşor de însuşit.

Cartea este scrisă în cea mai mare parte pe baza unor cercetări îndelungate, a observaţiilor din industrii şi a experienţei din exploatare, acumulate în Uniunea Sovietică, mai ales prin cercetările laboratorului hidrologic de pe lîngă Institutul Termotehnic Unional.

Destinată inginerilor şi tehnicienilor din exploatarea centralelor termoelectrice şi din instalaţiile de cazane din diferitele uzine, lucrarea poate folosi şi personalului care lucrează în institutele de cercetări şi de proiectare. Ea este deosebit de utilă şi studenţilor din ultimii ani ai facultăţilor energetice.

REVISTA „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice * Redacţia: Bucureşti, str. Ioan Ghica nr. 3. Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 ii 3.07.30 * Administraţia şi Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raionul I. V. Stalin * Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 * Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale de la oraşe şi sate, prin factorii poştali la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi la *sediul Redacţiei din str. Ioan Ghica nr. 3* Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual; Preţul unui exemplar: lei 5.

Ingineri şi Tehnicieni !

Studenţi şi Aspiranţi !

A apărut în EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

Cel mai complet curs de cazane şi instalaţii anexe

Cuprinde atît descrierea şi exploatarea, cît şi calculul şi construcţia agregatelor de cazane de toate tipurile de la cele funcţionînd cu combustibili locali (turbă, deşeuri de lemn etc.) pînă la cazanele cele mai moderne cu parametrii supraînalţi ai aburului. Intr-un capitol separat se studiază producerea aburului cu ajutorul energiei atomice. Locomobilele şi cazanele de locomotivă sînt examinate din punct de vedere al particularităţilor ce le prezintă. Sînt cuprinse de asemenea problemele alimentării cu apă, aer şi combustibil. In anexă sînt date o serie de exemple de calcul ale agregatelor de cazane.

Lucrarea se adresează termotehnicienilor din exploatare şi din diferite institute, putînd fi folosită şi ca manual în şcolile de specialitate. Se poate procura de la : Colecturile Bibliotecilor din întreaga ţară şi standul de cărţi de la Magazinul „Electrotehnica“ Bucureşti Bulevardul General Magheru 33.

LEI 5

E 2032
R
REFERATAT
KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

INSTITUTUL

8

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

SUMAR

Pag.

* * * : 11 ani de la eliberarea patriei noastre 345
G. Hercz: Reducerea pierderilor la depozitarea cărbunilor folosiţi în centralele termoelectrice cu abur 347
Gh. Secară: Folosirea pierderilor de căldură din instalaţiile de epurare a apelor pentru alimentarea cazanelor de abur 351
Dorin Pavel: Centrale eoliene cu transformator hidroenergetic 355
F. Manea şi S. Ionescu: Precizări şi verificări experimentale ale supratensiunilor prelungite 362
C. Mihăileanu: Comportarea transformatoarelor de curent în regimul tranzitoriu de scurtcircuit . . 370
B. Brodfeld şi M. Weissmann: Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice 375
P. Wisner: Dimensionarea instalaţiilor de aerare la stăvilare 381
Gh. Gogu: Metodă nouă de producere a vidului în procesul de uscare a transformatoarelor de mare putere 385
E. Pantelimon: Un muzeu al electrificării 388
* * *: Anuarul hidrografic al R.P.U. 390
RECENZII 391

SOMMAIRE

Pag.

* * *: Onze années depuis la libération de notre patrie 345
G. Hercz La dimunition des pertes au stockage du charbon dans les centrales thermoélectriques à vapeur 347
G. Secară: L'utilisation des pertes de chaleur des installations pour l'épuration de l'eau d'alimentation des chaudières à vapeur 351
D. Pavel: Centrales éoliennes avec transformateur hydroénergétique 355
F. Manea et S. Ionescu: La determination précise et les vérifications experimentales des surtensions prolongées 362
C. Mihăileanu: Comportement des transformateurs d'intensité en régime transitoire de court-circuit 370
B. Brodfeld et M. Weissmann: Les galeries forcées blindées des aménagements hydroélectriques 375
P. Wisner: Le calcul des dimensions des installations d'aérage des barages 381
G. Gogu: Nouvelle méthode pour la production du vide dans le procés de sechage des transformateurs de grande puissance 385
E. Pantelimon: Le musée de l'electrification . 388
* * *: L'annuaire hydrographique de la Republique Populaire Hongroise 390
RECENSIONS 391

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * * : 11-я годовщина со дня освобождения нашей родины 345
Г. Херц: Снижение потерь при хранении угля потребляемого паровыми теплоэлектростанциями 347
Г. Секарэ: Использование тепловых потерь некоторых установок водоочистки подпиточной воды котельных агрегатов . . . 351
Дорин Павел: Ветростанции с гидроэнергетическим трансформатором 355
Ф. Маня и С. Ионеску: Уточнения и экспериментальная проверка длительных перенапряжений 362
К. Михаиляну: Действие трансформаторов тока при переходном режиме к. з. . . . 380
Б. Бродфелд и М. Вайссманн: Бронированные напорные галереи в гидроэлектрических устройствах 375
П. Виснер: Расчет вентилирующих установок плотин 381
Г. Гогу: Новый метод производства вакуума в процессе сушки трансформаторов большой мощности 385
Е. Пантелимон: Музей электрификации . . 388
* * *: Гидрографический ежегодник В.Н.Р. 390
РЕЦЕНЗИИ 391

E 2039
d

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 8 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

11 ani de la eliberarea patriei noastre

Cu legitimă mîndrie întîmpină fiecare cetăţean al Republicii Populare Romîne, cea de-a 11-a aniversare a eliberării patriei noastre, pe care o sărbătorim la 23 August 1955.

Prilej de bogat bilanţ de realizări, în această zi se va face o trecere în revistă a succeselor obţinute de oamenii muncii în opera de construire a socialismului.

Poporul nostru rămîne profund recunoscător vitezelor armate ale Uniunii Sovietice, a căror luptă eroică a dus la izgonirea armatelor hitleriste de pe teritoriul patriei noastre şi a dat putinţă maselor populare să-şi ia soarta în propriile lor mîini.

În cei 11 ani de la eliberare, ţara noastră a străbătut un drum uriaş. Dintr-o ţară „eminamente agricolă" ţara noastră a devenit o ţară industrial-agrară în plină dezvoltare.

Guvernul R. P. R. acordă principala atenţie dezvoltării industriei grele, creindu-se în ţara noastră o industrie proprie constructoare de maşini. Astfel, dezvoltarea producţiei de utilaj petrolifer a făcut ca producţia de ţiţei să crească de 2,4 ori faţă de cea din 1948. Producţia de cărbune a fost în anul 1954 de 1,9 ori mai mare ca în anul 1948. De peste trei ori a crescut producţia de fontă, oţel, laminate în anii cincinalului.

Se înfăptuieşte cu succes planul de electrificare a ţării. Prin intrarea în funcţiune a noi centrale termo- şi hidroelectrice, producţia de energie electrică depăşeşte de 2,7 ori nivelul anului 1948.

Dezvoltarea industriei grele a făcut cu putinţă înzestrarea industriei uşoare şi alimentare, şi pe această bază, creşterea producţiei de bunuri de larg consum.

S-a întărit baza tehnico-materială a agriculturii noastre. Numărul S. M. T.-urilor a crescut la 220. Aplicînd metodele agrotehnice avansate şi depunînd o muncă însufleţită, ţărănimea noastră muncitoare a reuşit să depăşească în acest an cultura de păioase faţă de 1954.

Se întăreşte permanent sectorul socialist din agricultură numărul G. A. C. şi întovărăşirilor depăşind 5 500 la sfîrşitul trimestrului I/1955.

În fiecare an creşte nivelul de trai al celor ce muncesc. Statul cheltuieşte sume importante pentru asigurări sociale, ocrotirea sănătăţii, învăţămînt, odihna oamenilor muncii etc.

Cucerirea cea mai de seamă a poporului nostru este statul de democraţie populară care a lichidat pentru totdeauna exploatarea burghezo-moşierească, aservirea faţă de capitalul internaţional; de aceea, el se bucură de preţuirea şi ataşamentul permanent şi neprecupeţit al poporului.

Cea de a 11-a aniversare a eliberării patriei noastre, o sărbătorim anul acesta în condiţiile unei serioase micşorări a încordării în relaţiile internaţionale şi a întăririi încrederii reciproce între state.

O serie întreagă de evenimente internaţionale, de mare însemnătate pentru cauza păcii, ca încheierea tratatului de stat cu Austria, normali-

zarea relațiilor sovieto-iugoslave, vizita premierului J. Nehru în Europa și altele au culminat cu istorica conferință de la Geneva a șefilor guvernelor celor patru mari puteri.

Crearea unei Austrii neutre și independente constituie un fapt pozitiv pentru menținerea păcii în Europa. Normalizarea relațiilor sovieto-iugoslave a dus nemijlocit la slăbirea încordării internaționale și la o colaborare rodnică între aceste țări.

Importante propuneri ale U.R.S.S. privitoare la reducerea armamentelor, interzicerea armelor atomice și înlăturarea primejdiei unui nou război precum și cea privitoare la stabilirea relațiilor diplomatice cu R. F. Germană, sînt menite să netezească drumul spre înțelegerea internațională.

Însă cel mai important eveniment diplomatic din ultimii 10 ani rămîne desigur întîlnirea șefilor guvernelor celor patru mari puteri care a avut loc la Geneva. Datorită unor fructuoase întrevederi, șefii guvernelor celor patru mari puteri au pus bazele unei noi ere de tratative.

Conferința de la Geneva are marele merit de a fi creat o atmosferă de înțelegere reciprocă, de a înlătura temerile dintre state, de a fi dat miniștrilor afacerilor externe directive concrete pentru discutarea și rezolvarea problemelor în cadrul conferinței din octombrie a. c. Pe plan mondial, se desfășoară în prezent o largă opinie în favoarea folosirii în scopuri pașnice a energiei nucleare. Astfel, cercuri științifice și publice tot mai largi, se pronunță pentru interzicerea armelor nucleare, termonucleare și a altor tipuri de arme de exterminare în masă. Conferința tehnico-științifică internațională pentru folosirea în scopuri pașnice a acestei energii de sub egida O.N.U. a constituit un important aport pentru dezvoltarea în toate țările a aplicațiilor fizicei nucleare.

Reunind valoroși oameni de știință, fizicieni și ingineri din toată lumea, conferința a contribuit la un amplu schimb de păreri privind folosirea pașnică a energiei nucleare.

De un interes unanim și remarcabil s-au bucurat la conferință o serie întreagă de referate privind problemele energeticii atomice, ramură industrială în plină dezvoltare.

Astfel în cercurile de specialitate, a fost viu comentat referatul savantului indian H. I. Bhaba, președintele conferinței. Acest referat demonstrează, pe baza calculelor făcute privind rezervoarele mondiale de combustibil (cărbune, petrol) și pe baza calculelor privind consumul de combustibil în viitorii ani, că utilizarea energiei atomice devine o necesitate vitală.

De un deosebit interes s-a bucurat ampla expunere a savantului sovietic prof. D. Blohințev privind prima centrală atomo-electrică a U.R.S.S.

Referatul scoate în evidență construcția, caracteristicile fizice și particularitățile de exploatare a centralei atomo-electrice industriale sovietice.

Raportul a accentuat, în concluzia generală asupra funcționării cu multă stabilitate și siguranță a centralei atomo-electrice din U.R.S.S.; de asemenea a comunicat că în prezent se proiectează în U.R.S.S. centrale atomo-electrice de diferite tipuri cu o putere de 50 000—100 000 kw și mai mult. Alți oameni de știință din S.U.A., Marea Britanie și alte țări au prezentat de asemenea referate interesante care contribuie la dezvoltarea energeticei atomice.

Ceea ce este important este spiritul de colaborare științifică, de schimb de experiență rodnică în slujba folosirii constructive a energiei viitorului — energia nucleară.

Cu prilejul zilei de 23 August oamenii muncii își manifestă voința de întărire continuă a relațiilor prietenești cu toate țările.

La 23 August 1955 poporul nostru își manifestă atașamentul porfund ce-l nutrește față de rezultatele obținute la conferința de la Geneva și reafirmă hotărîrea sa de a aduce și de acum înainte întreaga sa contribuție pentru întărirea păcii, prieteniei și colaborării între popoare.

Reducerea pierderilor la depozitarea cărbunilor folosiţi în centralele termoelectrice cu abur

Ing. GABRIEL HERCZ

Pe baza experienţei şi din condiţiile concrete ale exploatării unei centrale termoelectrice, autorul analizează aspectul tehnico-economic al reducerii pierderilor la depozitarea cărbunilor, subliniază rentabilitatea sistematizării şi mecanizării depozitelor şi propune, între altele şi ameliorarea unor prevederi din PET ale MEEIE care nu corespund condiţiilor noastre practice.

Pierderile cauzate prin manipularea necorespunzătoare şi degradarea cărbunelui necesar alimentării centralelor cu abur, pot să se ridice după indicaţiile din literatura de specialitate pînă la 15—20% din conţinutul de căldură al combustibilului consumat. Pierderile de greutate respectiv de volum admise de: „Normele provizorii pentru gospodărirea, utilizarea, combustibililor şi întreţinerea instalaţiilor respective" [1] merg pînă la 4,7% la ligniţi, respectiv 4,2% la ceilalţi cărbuni. La aceasta se adaugă pierderile prin degradare, care se pot ridica la depozitare necorespunzătoare pînă la 10—15%. Din nefericire această din urmă pierdere nu este urmărită prin evidenţă în centralele noastre termoelectrice.

La o centrală de putere medie cu un indice de manipulare a cărbunelui de 0,5 adică 50% din cărbune trecut prin depozit şi 50% introdus direct în silozurile cazanelor, pierderile acestea însumează anual sute de mii de G. cal, respectiv zeci de mii de tone de cărbune. Fiind vorba de cantităţi de combustibil atît de importante, trebuie să se dea o atenţie mai mare reducerii acestor pierderi prin organizarea secţiei de combustibil în cadrul gospodăriei chibzuite a centralei termoelectrice.

Cu cît este mai mare stocul de rezervă necesar asigurării continuităţii producţiei de energie şi cu cît combustibilul utilizat are o tendinţă mai accentuată de degradare, cu atît mai importantă este reducerea pierderilor de manipulare şi degradare de la valorile sus amintite la o mărime admisibilă, care în cazul cărbunilor bruni indigeni poate fi luată la circa 4—5% pentru totalul ambelor pierderi. Volumul stocului de rezervă este în funcţie de condiţiile de transport şi de exploatare a minelor furnizoare, iar tendinţa de degradare a cărbunelui este în funcţie de vîrsta, sortul şi granulaţia acestuia. Aceste condiţii, în general, neputînd fi influenţate de personalul de exploatare al centralei, trebuie analizate celelalte cauze care contribuie la creşterea pierderilor sus menţionate.

Vom încerca să localizăm mai întîi cauzele pierderilor, propunînd apoi măsuri pentru reducerea acestora prin eliminarea deficienţelor care le dau naştere.

1. In primul rînd se poate constata în majoritatea cazurilor lipsa unui plan de depozitare întocmit după analiza temeinică a comportării sorturilor de combustibil prevăzute pentru alimentarea centralei — cu toate că acest plan este prevăzut în PET şi în „Normele provizorii". Acest lucru conduce la o manipulare multiplă şi ca urmare la pierderi de manipulare mărite atît la cărbune cît şi la cheltuelile de manoperă.

Dar nu numai atîta, prin depozitarea nesistematică a combustibilului se măresc şi pierderile de degradare a cărbunelui. Aceasta cu atît mai mult cu cît durata maximă de depozitare prescrisă de „Normele provizorii" pentru diferitele sorturi de cărbune, nu se poate respecta decît în condiţii speciale: depozite mecanizate 100% şi o perfectă respectare a ritmului livrărilor prevăzute în planul de depozitare. Vom arăta mai jos că la stabilirea duratei de depozitare nu s-a luat în considerare în N. P. situaţia reală.

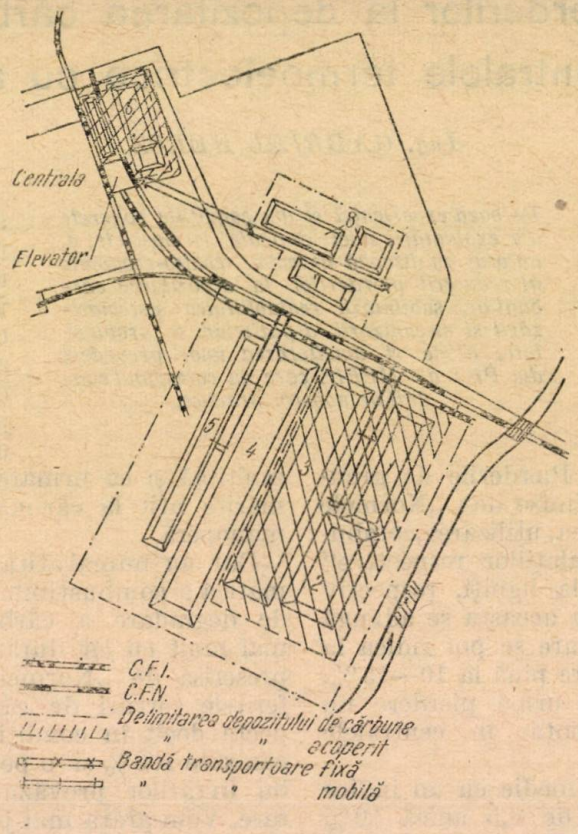
Este clară deci necesitatea întocmirii unui plan de depozitare minuţios pentru fiecare centrală termoelectrică care lucrează cu combustibil solid. Intocmirea acestui plan nu înseamnă numai precizarea cantităţilor şi a sorturilor de combustibil prevăzute pentru depozitare, ci şi desenarea exactă a locului şi a formei fiecărei stive, după proveniența şi sortul combustibilului şi respectarea directivelor tehnice. Urmărirea şi mişcarea acestor stive trebuie executată conform planului de depozitare şi cu respectarea după posibilitate a prevederilor din N. P. Alăturat se dă o schiţă de plan pentru un depozit de cărbune semimecanizat care n-a putut fi încă adoptat noilor cerinţe.

Pentru urmărirea pierderilor prin degradare trebuie înregistrată în cartoteca stivelor, afară de datele prevăzute în „Normele provizorii" şi puterea calorifică inferioară a cărbunelui pe baza analizei probelor luate la intrare, cît şi la începerea consumului.

Intocmirea acestui plan în condiţii reale este posibilă numai dacă colaborează atît întreprinderile de electricitate, cît şi forurile tutelare care dirijează şi repartizează combustibilul. Fără asigurarea continuităţii alimentării cu combustibil a centralelor din punct de vedere cantitativ şi calitativ de către forurile de resort, nu este posibilă reducerea serioasă a pierderilor de depozitare, nici exploatarea economică a centralei. Intreprinderea are sarcina să prevadă

sorturile de combustibil proprii instalațiilor centrale, prescriind și ritmul livrărilor pe baza planului de producție și a planului de depozitare, iar forurile de resort, trebuie să asigure condițiile susamintite, livrarea combustibilului necesar producției cît și cantitățile necesare creării stocului de rezervă (din sorturile de cărbune prevăzute în acest scop de exploatare).

2. Altă condiție indispensabilă unei bune gospodării de combustibil este existența unui teren de depozitare corespunzător din punct de vedere al spațiului și al condițiilor de depozitare, unde nu sînt îndeplinite condițiile minimale în această privință, acolo cresc mult atît pierderile prin manipulare cît și cele prin degradarea combustibilului. In prima linie trebuie pregătit terenul de depozitare în așa fel,



acestei lucrări nu sînt prea mari și lucrarea se poate executa eventual în cadrul lucrărilor de reparații capitale. Căptușirea buncherelor și silozurilor de beton cu tablă de fier conform PET și „Normelor provizorii" este necesară în același scop.

3. Mecanizarea cel puțin parțială a descărcării și manipulării cărbunelui este tot atît de necesară pentru reducerea pierderilor de combustibil cît și a cheltuielilor de manipulare. Cea mai simplă soluție este utilizarea benzilor transportoare mobile sau fixe. Utilizarea sistematică a acestora face posibilă executarea rapidă a lucrărilor în condiții mai bune decît la executarea manuală a lucrărilor (cu vagonete de CFI). O mecanizare mai completă necesită fonduri de investiții și se poate realiza prin utilizarea buldozerelor (care mai au avantajul de a tasa

Felul depozitului	Stiva		Data depozitării	pH inf. la depozitare kcal/kg	Dimensiune			Densitate	Programat pentru utilizare de la	pH inf. la consum
	Nr. sortiment	Granulație			Înălț. m	Lung. m	Lăț. m			
Acoperit	1. V. Jiului	0—16	1.XI.55	4 972	2,5	22	10	0.95	1.X.55	
	2. V. Jiului	0—16	1.XII.55	4 972	2,5	20	12	0.95	1.X.55	
	3. Sorecani	16—36	5.IV.55	4 972	1,8	42	12		1.IX.55	
Descoperit	4. Sorecani	0—16	6.IV.55	2 805	1,5	45	10	0,9	6.VI.55	
Acoperit	5. Sorecani	0—16	15.IV.55	2 805	1,5	40	8	0,9	10.VI.55	
	6 Lignit	brut	20.III.55	2 010	1,2	6	16	0,9	Imediat	
Provizoriu	7. Sorecani	0—16	Mai	2 680	1,2	4	8	0,9	Imediat	
	8a Sorecani	0—16	Mai	2 680	1,2	4	10	0,9	Imediat	
	8b Sorecani	0—10	Mai	2 680	1.2	5	5	0,9	Imediat	

să fie cît mai compact fără pori sau interstiții care ar putea reține murdăria sau permite intrarea aerului și infiltrarea apei. Desigur că condițiile optime în această privință nu se pot realiza fără asigurarea fondurilor de investiții pentru care întreprinderile trebuie să lupte cu atît mai mult cu cît aceste cheltuieli se recuperează într-un termen foarte scurt (1—2 ani).

Se pot lua unele măsuri pentru ameliorarea situației cu mijloacele proprii; între acestea amintim amenajarea terenului existent prin netezire și tasare și executarea unei rețele de drenaj. Nu este de recomandat utilizarea zgurii pentru umplerea gropilor sau netezirea terenului. După consumarea unei stive, terenul evacuat trebuie curățit de orice rest de cărbune. Cel puțin terenul prevăzut pentru stocul de rezervă trebuie să fie neapărat betonat sau în cel mai rău caz pietruit. Cheltuelile necesare totodată combustibilul) a graiferelor, sau a scraperelor.

Pentru proiectarea instalațiilor necesare mecanizării stației de combustibil trebuie întocmit în prealabil un studiu tehnico-economic care să stabilească economii soluțiilor de semimecanizare sau mecanizare completă care intră în considerare.

4. Formarea și manipularea reglementară a stivelor de combustibil, poate contribui la rîndul ei la reducerea pierderilor. Concepția veche a formării stivelor a fost cea de a executa stive cît mai joase și cît mai mici, pentru evitarea pericolului de autoaprindere. Prevederile normelor provizorii se bazează tot pe acest principiu, de exemplu înălțimea prevăzută pentru stivele de cărbune mărunt de Valea Jiului este de 1,0—1,2 m, față de înălțimea de mai mult de 2,5 m indicată de specialiștii din industria

minieră; la fel pentru „cărbune brun ocna" de 1,0—1,5 m și așa mai departe. Cercetările noi și experiența de exploatare a arătat însă că în interesul reducerii pierderilor și a pericolului de autoaprindere este favorabilă executarea unor stive cu o suprafață cît mai redusă la o înălțime maximă admisibilă stabilită prin încercări de către minele furnizoare și centralele consumatoare (în majoritatea cazurilor întreprinderile miniere au stabilite pe baza experienței îndelungate atît înălțimile maxime ale stivelor cît și termenele admise pentru depozitare). Dimensiunile în plan ale stivelor se vor stabili pe baza acelorași considerente respectînd condiția cuprinsă în N.P. ca volumul acestora să nu depășească circa 550 m^3 corespunzînd la 500 t la o densitate medie de 0,9.

Altă condiție ce trebuie respectată este depozitarea separată a sorturilor sau granulațiilor de cărbune diferite. Desigur că această condiție nu poate fi îndeplinită decît dacă condiția de la punctul 1, existența unui plan de depozitare corespunzător este respectată. Mai departe trebuie controlată sistematic temperatura stivelor avînd grijă ca locurile de măsură prevăzute cu țevi de oțel, să nu devină puncte de infiltrare a aerului (trebuie să fie închise la capătul astfel introdus în stivă).

5. In cazul cărbunilor bruni indigeni mai tineri, se pune problema utilizării metodelor noi avansate, pentru protejarea stivelor de cărbune contra degradării. Fenomenul exfolierii prin deshidratare, a pierderii conținutului de volatile și a oxidării lente a cărbunelui a fost descris în diferite rînduri de revistele noastre de specialitate. S-au făcut și propuneri pentru reducerea pierderilor cauzate de aceste fenomene pe baza experienței Uniunii Sovietice și a țărilor de democrație populară. Incercarea acestor metode la centralele noastre termoelectrice ar putea să arate dacă protejarea stivelor de cărbune cu un strat protector adecvat ieftin și eficace, acoperirea cu apă sau în sfîrșit simpla tasare a stivelor cu ajutorul unor dispozitive corespunzătoare, este de recomandat pentru cazul cărbunilor indigeni.

Metoda de protejare prevăzută la art. 30 al normelor provizorii de acoperire cu un strat de cărbune fin de calitate superioară celui de stivă, ori cu un strat de antracit, este în contradicție cu principiul de la punctul 4 enunțat și articolul 29 al N.P. de a face depozitarea cărbunilor separat pe sorturi și granulație. Experiența arată că nici această cale, nici acoperirea cu un strat de păcură nu-și ajunge scopul pentru că în cazul al doilea păcura se infiltrează în stivă.

Introducerea metodelor de protejare a stivelor printr-un strat care să împiedice oxidarea, este condiționată de amenajarea prealabilă a terenului conform celor indicate la pct. 1 căci degeaba protejăm suprafața stivelor, dacă nu este împiedicată infiltrarea aerului și a umezelii de la suprafața de contact cu terenul. Fie că se adoptă o metodă cu strat protector, sau prin submersiune cu apă nu se va obține eliminarea totală a oxidării combustibilului, dat fiind faptul că oxigenul din aer este inclus în stivă de la depozitare. Dacă reușește însă să se împiedice infiltrarea suplimentară a aerului, procesul de oxidare se va opri și cantitatea foarte mică de oxigen ce se mai poate infiltra ulterior nu poate să cauzeze autoaprinderea, nici degradarea prea mare a cărbunelui din stivă. Intr-o masă compactă, dacă cărbunele nu prezintă fenomenul de exfoliere, stratul subțire oxidat protejează partea restantă a stivei de degradare. Se înțelege că, chiar în cazul existenței unui strat protector, cărbunele din stivă pierde o parte din puterea calorifică și fără autoaprindere, după un timp de depozitare exagerat.

Avînd în vedere cele de mai sus credem că pentru stabilirea condițiilor optime de depozitare a sorturilor de cărbune indigeni utilizați la centralele noastre termoelectrice este necesar un schimb de experiență între întreprinderile miniere și centralele termoelectrice, cu privire la dimensiunile stivelor (suprafață, înălțime, volum), durata de depozitare și metodele de protejare a stivelor contra degradării.

6. Pentru realizarea economiilor maxime la secția de combustibil a centralelor ca și la celelalte secții, este necesară stabilirea unor norme tehnice cît mai concrete pentru personalul secției.

Pe baza puținelor date din materialul documentar ce ne-a stat la dispoziție și pe baza unor date din experiența de exploatare am întocmit propuneri de norme comunicate într-un articol precedent.*)

In cele de mai jos se redau rezultatele măsurătorilor referitoare la degradarea sorturilor de cărbune utilizate la centrala din studiul citat:

a) Cărbune mixt de Valea Jiului, Lupeni, granulația mărunt.

Timp de depozitare circa 10 luni.

Puterea calorifică inferioară la recepție 4 972 kcal/kg
,, ,, ,, ,, ,, consum 4 816 ,,
Scăderea puterii calorifice inferioare 156 ,,
= 3,14%

Se menționează că stiva a avut înălțimea peste 2 m și a stat sub acoperiș la loc uscat.

b) Cărbune brun Șorecani granulație 0—16

Timp de depozitare 2 luni

Puterea calorifică inferioară la recepție 2 805 kcal/kg
,, ,, ,, ,, la consum 2 638 ,,
Scăderea puterii calorifice inferioare 142 = 5%

c) Lignit Derna brut

Timp de depozitare 3 luni

Puterea calorifică inferioară la recepție 2 010 kcal/kg
,, ,, ,, ,, ,, consum 1 868 ,,
Scăderea puterii calorifice inferioare 142 = 7%

Se observă că depozitarea lignitului pe timp de 3 luni a fost cauzată de o livrare masivă de lignit neprevăzută în planul de depozitare a centralei. Totuși lignitul nici după acest timp îndelungat de depozitare nu a prezentat fenomene de autoaprindere. Afară de scăderea conținutului de volatile de la circa 3—4% la circa

*) Normele secțiilor unei centrale termoelectrice cu abur

1,8% şi exfolierea parţială în urma deshidratării, nu s-a putut constata o încălzire anormală a stivelor.

In afară de introducerea normelor admise pentru degradarea diferitelor sorturi de combustibil destinate depozitării, şi a normelor pentru reducerea pierderilor globale de greutate (prin prăfuire şi alte pierderi), s-a programat în cadrul sarcinilor trasate de PET şi Instrucţiunea Ministerului 8/4882 din 7 VI 1955 încercarea unui strat protector care se poate realiza cu materiale accesibile şi nu scumpeşte preţul de cost al cărbunelui. In prealabil trebuie executate pavarea sau cel puţin tasarea terenului şi confecţionarea mijloacelor necesare cilindrării stivei.

Sperăm că prin cele de mai sus vom putea contribui la reducerea pierderilor arătate în introducere, pierderi care joacă un rol important în economia naţională a ţării noastre.

Afară de valoarea combustibilului pierdut prin degradare, trebuie luat în considerare şi faptul că prin realizarea economiei de combustibil se eliberează o capacitate de producţie corespunzătoare a întreprinderilor miniere, respectiv se economisesc investiţiile care ar fi necesare pentru mărirea corespunzătoare a capacităţii de producţie. Mai departe se eliberează şi braţe de muncă care ar fi necesare la exploatările miniere pentru aducerea la suprafaţă a cărbunelui. In sfîrşit se cruţă bogăţia zăcămintelor noastre de cărbune, o sursă de energie care nu se reface de la sine şi care este foarte solicitată. Insfîrşit prin reducerea preţului de cost nu numai economia naţională dar şi gospodăria financiară a întreprinderii energetice şi personalul de exploatare respectiv vor beneficia de avantajele raţionalizării gospodăriei de combustibil în sensul celor arătate mai sus.

Bibliografie:

[1] ***: Normele provizorii pentru gospodărirea, utilizarea combustibililor şi întreţinerea instalaţiilor respective, Editura Energetică de Stat, 1953.

[2] *Barbu I.*: Despre problema depozitării cărbunelui, Rev. Energetica, nr. 1/1954.

[3] *Blum I.* şi *Ionescu N.*: Incercări de stabilirea gradului de exploatare la ligniţii xiloizi, Rev. Minelor, nr. 4/1951.

[4] *Lopukin V. O.*: Depozitarea cărbunelui din regiunea Moscovei, Za Economiu Topliva, nr. 1/1950.

[5] *Szikla G.*: Depozitarea cărbunilor, Magyar Tehnika, nr. 4/1948.

[6] *Zsigmond B.*: Depozitarea cărbunilor, Mayar Energiagazdasag, nr. 7/1954.

[7] *Hercz G.*: Normele tehnice ale unei centrale termoelectrice cu abur. Rev. Energetica şi Hidrotehnica, nr. 5/1955.

★

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ХРАНЕНИИ УГЛЯ ПОТРЕБЛЯЕМОГО ПАРОВЫМИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ

Резюме

В этой статье в краткой форме анализируется с технико-экономической точки зрения возможность снижения потерь при хранении угля, как механических (потери в весе через распыление, выход летучих веществ и т. д.) так и химических (через окисление).

Указывается на рентабельность капиталовложений для систематизации и механизации складов топлива, на необходимость испытания в широком маштабе новых методов предохранения угля от снижения качества и на необходимость пересмотра Временных Норм Министерства Электрической Энергии и Электротехнической Промышленности на основании опыта теплоэлектростанций, горных разработок и новых исследований в этой области. Излагаются также некоторые принципы с которыми необходимо считаться при эксплуатации топливных хозяйств.

Folosirea pierderilor de căldură din unele instalaţii de epurare a apei de adaos pentru alimentarea cazanelor de abur

Conf. GH. D. SECARĂ

Autorul relevă pierderile de căldură constatate la unele instalaţii de epurare termochimică şi la rezervoare de condensat cu deschidere în atmosferă des întîlnite în practică şi propune o soluţie economică pentru valorificarea pe loc a căldurii astfel pierdute.

In unele centrale termoelectrice industriale cu instalaţii termice mai vechi, se mai produc încă o serie de pierderi de căldură a căror importanţă nu este îndeajuns de cunoscută, deşi ele pot reprezenta cantităţi însemnate de combustibil nefolosit; orice raţionalizare introdusă în procesul tehnologic a acestor centrale influenţează direct şi în mod favorabil consumul de combustibil.

Astfel, multe din centralele termoelectrice industriale folosesc pentru prepararea apelor de alimentare a cazanelor de abur — respectiv pentru epurarea lor — instalaţii care lucrează prin tratare termochimică şi precipitarea sărurilor întrucît acest procedeu este cel mai ieftin şi procură o apă care satisface cerinţele de alimentare a cazanelor de medie şi chiar a celor de mare presiune.

Ori într-o astfel de instalaţie, desfăşurarea proceselor chimice pentru separarea sărurilor greu solubile ca şi a celor uşor solubile în apă cere o temperatură de minimum 80 °C şi viteza de desfăşurare a acestor reacţii creşte cu temperatura; de aceea, tratarea termochimică este precedată de o încălzire a apelor de adaos la cel puţin 80 °C de preferat la 85...95 °C.

In acest scop, asemenea instalaţii au cîte un preîncălzitor, care primeşte apa brută rece pe care o încălzeşte cu abur luat de la reţeaua generală şi mai rar, foloseşte şi scăpările, aerisirile şi eventual purjările altor elemente din instalaţia generală.

Ca exemplu, se dă în fig. 1 schiţa unei instalaţii de epurare care lucrează cu sodă caustică şi fosfat trisodic şi care produce o apă de 0,1°*d*; preîncălzitorul acestei instalaţii (de tipul *A* din fig. 1) lucrează — de regulă — prin amestec, iar aburul care din motivele arătate mai jos nu s-a putut condensa pe parcursul său în preîncălzitor, iese prin conductele de aerisire (*a* din fig. 1) şi constituie pierderi de căldură.

De asemenea rezervoarele de condensat, care lucrează cu deschiderea în atmosferă, din industriile unde se foloseşte abur tehnologic, primesc condensatul la temperaturi mari sau primesc chiar un amestec de condensat şi abur, fapt care face ca ele să mai degaje cantităţi însemnate de abur prin ţevile lor de aerisire.

Prin astfel de aerisiri pleacă din instalaţiile respective cantităţi însemnate de căldură în atmosferă, ceea ce constituie pierderi de căldură respectiv de combustibil.

In stadiul actual al tehnicii, încă de la proiectarea instalaţiilor noi, se iau toate măsurile pentru mărirea randamentului şi economisirea

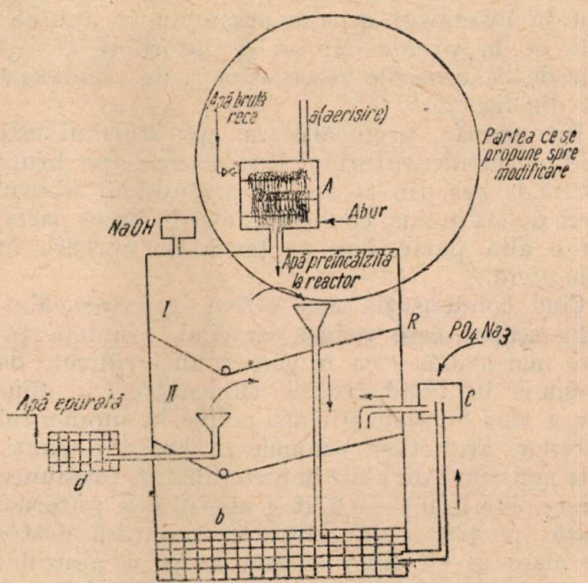


Fig. 1. Schiţa unei instalaţii de epurare termochimică prin precipitare lucrînd cu NaOH şi fosfat trisodic:

A — preîncălzitor; *R* — reactor; *a* — aerisirea preîncălzitorului; *b, d,* — filtre cu nisip; *c* — camera pentru fosfat trisodic; *I* — treapta întîia a reactorului; *II* — treapta a doua a reactorului.

de combustibil; în acest scop, de pildă, tehnica sovietică recomandă folosirea surselor secundare de căldură din centrale pentru preîncălzirea apei de adaos (sau chiar a condensatului) cum ar fi: căldura purjelor de la cazanele de abur, de la labirinţii şi ejectorii turbinelor cu abur, de la răcitorul de ulei, de la aerul de răcire a generatorului electric, etc.

Pentru instalaţiile existente însă, care sînt destul de multe, şi la care se constată existenţa pierderilor semnalate mai sus, trebuie căutate soluţii locale pentru îmbunătăţirea randamentului lor; pe această linie, articolul de faţă arată observaţiile şi determinările de pierderi făcute

la o instalaţie de epurare prin tratare termochimică şi la rezervoarele de condensat cu deschidere în atmosferă, dintr-o centrală termoelectrică industrială şi propune o soluţie economică pentru folosirea lor locală.

Evaluarea pierderilor de căldură. Determinarea pierderilor de căldură s-a făcut la o instalaţie de epurare termochimică, cu un debit normal de 3,5 t/h şi trecător de 4 t/h, care lucrează după schiţa din fig. 1. S-a măsurat ţeava sa de aerisire şi s-a găsit 0,3 m diametru.

Apa de adaos trece, de regulă, de la instalaţia de epurare la rezervoarele de condensat unde se uneşte cu condensatul. Din rezervoare se alimentează cazanele de abur fie direct, fie printr-un acumulator de căldură ; deci din punctul de vedere al livrării apei de alimentare, aceste trei elemente (instalaţia de epurare + rezervoarele de condensat + acumulator de căldură) ar alcătui o singură instalaţie, aşa cum s-a considerat schematic în fig. 2. In acest ansamblu intră apa brută rece, abur pentru încălzirea ei şi condensatul din fabrică şi iese apa epurată spre cazane.

Pierderile de care se ocupă studiul de faţă sînt în interiorul acestui ansamblu şi anume : cele de la preîncălzitorul epuratorului (P) şi cele de la aerisirile rezervoarelor de condensat Rc din fig. 2.

Intr-adevăr, preîncălzitorul epuratorului este de tipul condensatorului barometric ; apa brută picură de sus, din treaptă în treaptă, iar aburul trece de jos în sus, condensîndu-se în bună parte, iar o altă parte iese pe ţeava de aerisire în atmosferă.

Cînd condensaţia este activă, aerisirea aburului scăpat este redusă iar cînd condensaţia este mai slabă — ca urmare a unei ridicări de presiune în conducta de alimentare cu abur sau a unei condensaţii mai active în momentul anterior, atunci se acumulează brusc o cantitate mai mare de abur în preîncălzitor, presiunea creşte pînă la 0,1—0,2 at şi aburul iese puternic afară pe ţeava de aerisire cu o viteză destul de mare (3—5 m/s) această ieşire a aburului se repetă cam la 5—10 s, aşa că în total ocupă cam 45% din durata unui minut.

Pe de altă parte, rezervoarele de condensat sînt cu deschidere în atmosferă ; prin ţevile lor de aerisire, iese aburul adunat deasupra nivelului de apă şi cu el o mare cantitate de căldură, care se pierde în atmosferă. Cînd condensatul vine în rezervoare cu o temperatură mai ridicată, degajarea aburului la suprafaţa de nivel se face abundent, presiunea creşte pînă la 0,2 at, iar viteza aburului prin ţevile de aerisire devine destul de mare (3—5 m/s).

Ţevile de aerisire ale rezervoarelor de condensat au următoarele diametre : una are 0,145 m şi alta are 0,155 m.

Prin ţevile de aerisire se pierde următoarea cantitate de abur (dedusă prin măsurători la faţa locului şi apoi verificată şi prin calcul) :

— prin ţeava preîncălzitorului de la epurator (P) din fig. 2 se pierd : 540 kg abur/h ;

— prin cele două ţevi de aerisire ale rezervoarelor de condensat se pierd 520 kg abur/h.

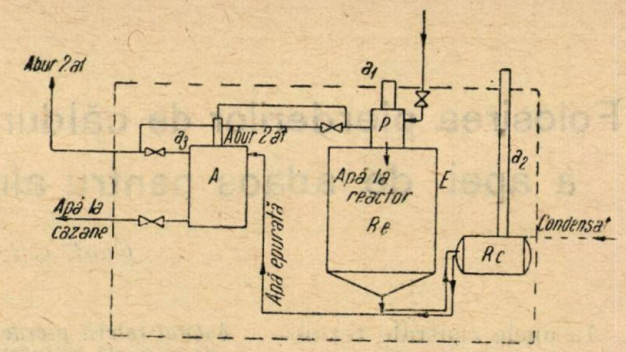


Fig. 2. Ansamblu acumulator, instalaţie de epurare, rezervor de condensat :

A — acumulator de căldură ; *E* — instalaţie de epurat ; *Rc* — rezervor de condensat ; *P* — preîncălzitor ; *Re* — reactor ; a_1, a_2, a_3 — aerisiri.

In total prin toate cele trei ţevi de aerisire se pierd anual : $(540+520) \cdot 24 \cdot 350 = 7\,468\,000$ kg abur/an.

Propuneri pentru utilizarea acestor pierderi de căldură. *Recuperări posibile.* Dacă întreaga cantitate de abur, care constituie pierderile actuale dintr-o astfel de instalaţie, ar putea fi reţinută în interiorul procesului tehnologic al centralei (sau fabricaţiei respective), recuperarea ei ar însemna pentru întregul proces un cîştig reprezentat prin :

— Căldura de vaporizare a aburului pierdut, evaluată la :

$$Q_{anual} = 1\,060 \cdot 536 \cdot 24 \cdot 350 = 4{,}6 \cdot 10^9 \text{ kcal/an}$$

care ar echivala cu o cantitate de combustibil convenţional, calculat la un randament de cazan de 0,8 de :

$$B = \frac{4\,600\,000\,000}{7\,000 \cdot 0{,}8} = 820\,000 \text{ kg/an respectiv } 820 \text{ t/an ;}$$

— condensatul propriu-zis, ca element necesar în circuitul general al instalaţiei, care constituie o apă epurată pentru producerea căreia nu s-ar mai solicita instalaţia şi nu s-ar mai cheltui nici reactivi chimici şi nici abur ; cantitatea sa este de

$$D = 7\,468\,000 \text{ kg/an.}$$

Direcţia de utilizare a rezultat din nevoia de a se remedia unele neajunsuri ale acestei instalaţii, care au putut fi observate în timpul exploatării. Astfel, actualul preîncălzitor (*A* din fig. 1) este construit să alimenteze adaosul de apă la cazane pînă la maximum 3,5 t/h, în care caz apa se încălzeşte pînă la 90...95 °C. De multe ori însă, instalaţia este solicitată să debiteze mai multă apă şi în acest caz viteza de trecere a apei prin instalaţie este mai mare, iar temperatura la care se poate ridica apa preîncălzită nu întrece 75 °C, iar într-o bună parte a timpului se menţine chiar în jurul lui 45 °C. Această temperatură este însă insuficientă pentru

satisfacerea reacţiilor chimice. Astfel, făcîndu-se analiza apei trecută prin epurator în aceste

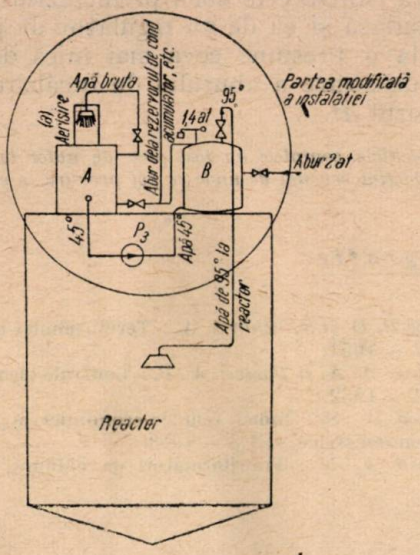


Fig. 3. Partea modificată a instalaţiei la preîncălzirea apei de adaos.

A — preîncălzitor înaintaş; *B* — preîncălzitor intermediar; *P* — pompă.

condiţii, s-a constatat că are o duritate ridicată, deci este improprie pentru alimentarea cazanelor.

Ori, pierderile de căldură constatate în ansamblul reprezentat în fig. 2 se pot folosi tocmai pentru a se asigura preîncălzirea apei de adaos la temperaturi de peste 80 °C, chiar în condiţiile de supraîncărcare a instalaţiei.

Utilizarea acestor pierderi de căldură în direcţia de mai sus, se poate face în mai multe feluri: a) se pot conduce ţevile de aerisire ale rezervoarelor de condensat ca să încălzească cu aburul lor apa din preîncălzitorul actual al epuratorului; b) se poate folosi preîncălzirea în trepte instalînd un nou rezervor deasupra reactorului, în care să debuşeze ţevile rezervoarelor de condensat şi alte aerisiri, purje, etc; rezervorul acesta ar constitui un preîncălzitor înaintaş de apă, deoarece apa urmează să fie încălzită mai departe într-un preîncălzitor sub presiune.

S-a examinat aplicarea soluţiilor arătate, în ipoteza că instalaţia ar fi solicitată să debiteze 4 t/h — şi s-au obţinut următoarele rezultate:

Dacă se folosesc numai pierderile de la rezervoarele de condensat, aşa ca la soluţia (*a*), se poate obţine cu ele preîncălzirea debitului de apă de alimentare de 4 t/h, de la 10 °C la 45 °C, iar preîncălzirea apei mai departe trebuie făcută cu abur proaspăt; în actuala situaţie, în preîncălzitorul cu deschidere în atmosferă s-ar mai cere pentru acest lucru un consum de abur de 2 at 132 °C de circa 3 700 kg/h.

Dacă se aplică soluţia a doua (*b*) atunci schema de preîncălzire a apei trebuie modificată aşa ca în fig. 3 şi anume:

Se va folosi un preîncălzitor înaintaş (*A* din fig. 3) unde apa se încălzeşte de la 10 °C la 45 °C, folosind numai căldura recuperată de la aerisirea rezervoarelor de condensat şi de la scăpările celui de al doilea preîncălzitor.

Pentru încălzirea mai departe a apei se va folosi un preîncălzitor sub presiune (*B* din fig. 3); acest preîncălzitor primeşte apa la 45 °C din preîncălzitorul înaintaş şi se încălzeşte mai departe la 95 °C cu abur de 2 at şi 132 °C operaţie pentru care consumă numai 1 285 kg/abur/h. De la preîncălzitorul *B*, apa trece mai departe în reactor.

La orice instalaţie de tipul celei descrise mai sus, preîncălzitoarele existente cu deschidere în atmosferă, pot fi întrebuinţate ca preîncălzitoare înaintaşe (*A* din fig. 3) şi va fi nevoie numai de alegerea şi dimensionarea preîncălzitorului sub presiunea *B*.

Preîncălzitorul sub presiune *B* este un rezervor închis, în care aburul de încălzire debuşează într-un colac distribuitor de circa 2'' diametru aşezat ceva mai sus de jumătatea preîncălzitorului şi prevăzut cu ţevi transversale cu găuri în partea lor inferioară (fig. 4).

Aburul ţîşneşte prin aceste găuri în jos, apa urcă de jos în sus, deci se asigură mişcarea fluidelor în contracurent şi se evită astuparea găurilor de ieşire a aburului cu nămolul lăsat de apă, nămol ce se adună la partea de jos, pe unde se face şi curăţirea rezervorului *B*.

Suprafaţa de contact dintre abur şi apă — suprafaţă constituită din ţevile de mai sus — se

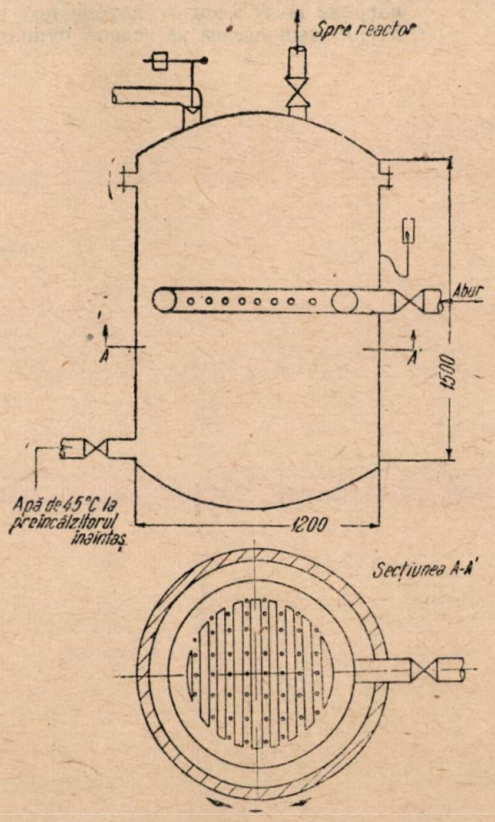


Fig. 4. Construcţia preîncălzitorului intermediar sub presiune

determină prin calculul transmisiei căldurii dintre abur şi apă; pentru cazul de mai sus s-a determinat valoarea de $S = 4{,}6$ m² (x).

Dimensiunile rezervorului *B* se determină pe baza condiţiilor de trecere a cantităţii de apă necesară timp de o oră prin rezervor; pentru cazul considerat mai sus, au rezultat dimensiunile arătate în fig. 4.

Intrarea aburului în preîncălzitorul *B* este bine să fie comandată de un regulator automat, reglat de pildă la 95 °C; o supapă de siguranţă montată în capacul preîncălzitorului *B* se deschide automat cînd presiunea apei depăşeşte de exemplu — 1,6 at şi are rol de preaplin, surplusul de apă revărsîndu-se în preîncălzitorul înaintaş *A*. Este nevoie de acest dispozitiv, deoarece presiunea aburului ce întră in preîncălzitorul *B* trebuie să fie mai mare decît presiunea apei din preîncălzitorul *B*, pentru ca aburul să poată debuşa în apă.

Pe ţeava de comunicaţie cu atmosfera a preîncălzitorului înaintaş *A*, se poate prevede un duş, care să condenseze aburul ce ar mai ieşi în atmosferă.

Pompa dintre cele două preîncălzitoare poate fi comandată şi ea de un regulator de presiune, reglat la o presiune ceva mai mică decît presiunea de sosire a aburului de încălzire în preîncălzitorul *B*.

Calculele complete au fost puse de autor la dispoziţia redacţiei revistei de unde se pot procura la cerere.

Bibliografie

[1] *Lebedev P. D.* şi *Sciuchin A. A.*: Termotehnica industrială, ET — 1951.

[2] *Lagovski A. A. şi Pacşver. V. B.*: Centrale termoelectrice, ET — 1952.

[3] *Gorşcov A. S.*: Indici tehnico-economici ai centralelor termoelectrice, EES — 1953.

[4] *Lejchin A. N.*: Transformatori de căldură, ET. 1952

★

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ НЕКОТОРЫХ УСТАНОВОК ВОДООЧИСТКИ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Резюме

Определяются тепловые потери в подогревателе термохимической водоочистки и вентилируемых резервуарах конденсата. Предлагается использование этих потерь в предварительном подогревателе подпиточной воды той же установки и дальнейшем нагреве воды в подогревателе под давлением: предлагаемая переделка может быть легко выполненна на всякой существующей установке.

Centrale eoliene cu transformator hidroenergetic

Prof. dr. ing. DORIN PAVEL
Laureat al Premiului de Stat

Folosirea energiei vînturilor, constituie o problemă de deosebită actualitate în energetica mod rnă şi este necesar a i se da importanţa cuvenită şi în cadrul energeticii noastre. Odată cu publicarea articolului de faţă care propune un nou tip de instalaţie pentru utilizarea energiei eoliene, redacţia invită pe toţi cei care s-au ocupat de folosirea acestei energii să-şi expună părerea sau rezultatele de studii în cadrul discuţiei ce se deschide asupra acestei teme.

Utilizarea energiei vînturilor a preocupat omenirea încă din antichitate, iar morile de vînt au fost construite rudimentar cu mii de ani în urmă, mai ales în Egipt şi Asia Mică. După apariţia maşinii cu abur, morile de vînt nu mai prezentau interes, rămînînd sub forma unor instalaţii rustice.

In ultimele decenii, problema centralelor eoliene a devenit de actualitate, mai ales în U.R.S.S. Olanda, Germania, Franţa, S.U.A., fiind utilizate pentru mai multe scopuri ca :

1) mori eoliene, ca microcentrale, în genere sub 20 CP ;

2) centrale eoliene de pompare pentru apă de băut şi pentru irigaţii, în regiuni mai izolate, încă neelectrificate ;

3) centrale eoliene electrice, ca microcentrale sub 10 kW, iar în ultimul timp ca centrale pînă la 1 000 kW, cu rotoare eoliene pînă la 50 m diametru.

Dezavantajele principale ale motoarelor eoliene sînt :

— se pot instala numai în regiuni cu vînturi de frecvenţă şi intensitate mai mare ;

— n-au asigurată permanenţa funcţionării ;

— rotoarele eoliene au diametre foarte mari la puteri relativ reduse ;

— greutatea unitară kg/kW este mare şi investiţia în consecinţă mare, în comparaţie cu motoarele hidraulice şi termice ;

— ca microcentrale electrice, necesită baterii de acumulatori, respectiv grupuri termoelectrice de rezervă.

Ca avantaje semnalăm : cheltuieli de exploatare şi întreţinere mici, preţul de cost al kWh redus, comparabil cu acela hidroelectric şi mai ieftin decît termoelectric, apoi costul redus al măcinatului la mori eoliene şi al apei pompate.

Ne ocupăm aci pe scurt numai de problema adaptării centralelor eoliene electrice cu funcţionare intermitentă spre a deveni centrale cu acumulare prin transformator hidroenergetic, pentru a putea acoperi curba de consum local, fără rezerve termoelectrice, respectiv cu rezerve mult mai mici.

In acest fel, deşi investiţiile cresc considerabil se obţin centrale eoliene electrice autonome energetic, avînd asigurată permanenţa producţiei ; pentru aceasta se analizează şi problema economică.

Problema vînturilor

La noi nu a existat o preocupare pentru utilizarea energiei eoliene pentru mori şi staţii de pompare şi cu atît mai puţin pentru producerea de energie eolianoelectrică. De aceia nu s-a inventariat regimul vînturilor într-un mod adecvat acestui scop. Măsurătorile au fost în general sporadice ; la unele staţiuni ele s-au făcut prin citiri regulate la orele 8, 12, 20 şi mai rar cu înregistrarea continuă a intensităţii şi direcţiei vînturilor, făcute mai ales pentru nevoile aviaţiei şi agriculturii ; toate acestea nu permit cunoaşterea aprofundată a regiunilor apte pentru proiectarea centralelor eoliene.

Pe culmile şi platourile Carpaţilor, mai ales cei meridionali, avem mari posibilităţi de a instala centrale eoliene de puteri importante, deoarece aici domină vînturi cu viteze mari, iar calmul îl întîlnim numai la sub 10% din timp [1]. Vînturi intense şi mai frecvente avem pe toate culmile de vest a munţilor Apuseni, la fel pe litoralul Mării Negre şi pe culmile Dobrogei unde există condiţii favorabile pentru utilizarea energiei eoliene.

Pentru a ilustra cele enunţate, am calculat, după măsurătorile găsite [1] fig. 1, în care se vede repartiţia vitezelor medii lunare, ca şi curbele de asigurare (de durată) a vitezelor la staţia meteorologică pe Vîrful Omul, ca medii pentru un şir mai lung de ani. Se vede că vînturile au intensităţi mult mai mari iarna şi că repartiţia corespunde aproape perfect cu consumul de energie (fapt extrem de important şi favorabil, deoarece la energia hidraulică repartiţia disponibilului este inversă faţă de nevoi).

Din curbele de asigurare lunare, marcate cu *I,II*, etc. ca şi media anului (curba desenată gros) se vede că vînturile mai mari de $v = 3$ m/s sînt asigurate în mijlociu 83% deci 7 250 h/an, iar vînturile mai mari de 14 m/s au durata de 25% sau 2 190 h/an. Vînturile maxime înregistrate pe vîrful Omul depăşesc 30 m/s, iar direcţia dominantă este NV-NNV.

In fig. 2 sînt reprezentate în diagrama de sus vitezele medii lunare pe litoralul Mării Negre. In partea de jos a fig. 2, s-au trasat curbele de frecvenţă $f = f(v,v_0)$ în ore/an la diferite viteze medii anuale v_0 m/s (de la 1 la 10 m/s, fiind v vitezele instantanee). Privind una din curbele

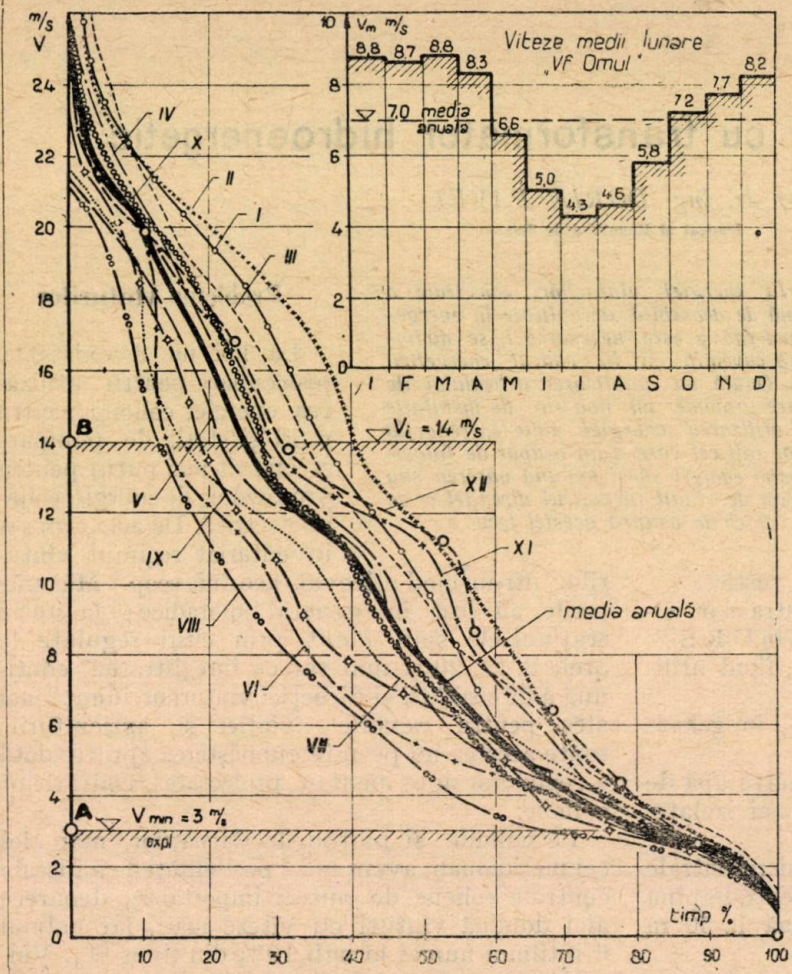


Fig. 1. Curba de asigurare a vitezelor vînturilor și mediile lunare la stația Vîrful Omul.

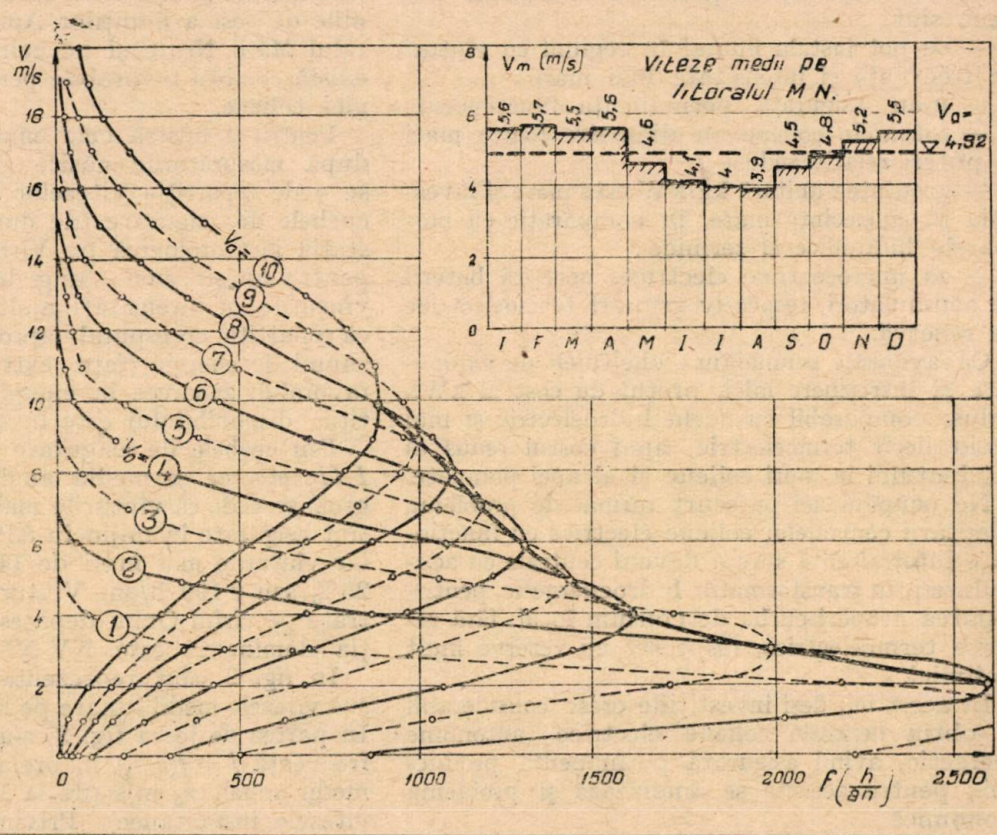


Fig. 2. Curbele frecvenței vînturilor și vitezele medii lunare pe litoralul Mării Negre.

de frecvenţă, vedem că pentru fiecare viteză instantanee v pe ordonată, se citeşte frecvenţa respectivă f pe abscisă. Curba groasă este învelitoarea vitezelor cu frecvenţă maximă. Se observă din fig. 2 că pe litoralul Mării Negre vînturile au permanenţă şi repartiţie bună, totuşi mai puţin favorabilă ca în Bucegi (fig. 1).

Tot pe litoral, vitezele vînturile v cresc cu altitudinea; de exemplu fig. 3 arată $v = F(t,H)$

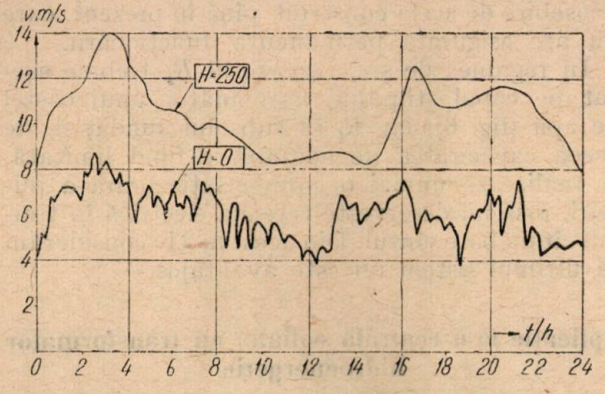


Fig. 3. Diagrama vitezelor vîntului la sol $H = 0$ şi la $H = 250$ m în funcţie de timpul în ore

la sol $H = 0$ şi la altitudinea peste sol $H = 250$m. De aci rezultă necesitatea de a se instala rotoarele eoliene pe stîlpi cît mai înalţi în regiunile de şes, iar pe culmi acestea pot fi montate aproape de sol, ceea ce este foarte economic.

Centrale eoliene electrice construite

Microcentrale eoliene sub 20 kW au fost construite în ultimii 20 de ani, în mii de exemplare; aşa de exemplu numai în U.R.S.S. şi în alte ţări din Europa sînt peste 200 000 de asemenea instalaţii.

Centrale eoliene de puteri mai mari au fost realizate în diferite părţi. Astfel a fost montată, în U.R.S.S., o centrală în 1947 care a dat rezultate bune în exploatare, iar colectivului condus de ing. V. I. Sidorov i s-a decernat Premiul Stalin [2]. Tipul rotorului eolian D-18 GUSMP cu reglajul automat produce, la $v = 12$ m/s, puterea $P = 135$ CP, $n_1 = 70$ rot/min, cu diametrul palelor 18 m. In cabina rotorului, aşezat pe un stîlp de 20 m înălţime, se multiplică turaţia cu 3,7 : 1 prin roţi conice spre arborele vertical, de 20 m lungime, iar la sol se face a doua multiplicare de 3 : 1 pentru antrenarea alternatorului cu $n_2 = 750$ rot/min.

In Crimeea a fost montată în 1940 o centrală cu rotor eolian $D = 30$ m cu $n = 30$ rot/min şi $P = 100$ kW pe un stîlp metalic zăbrelit de 24 m înălţime. In cabina rotorului este instalat, în prelungirea arborelui rotorului, un multiplicator de turaţie, o turbocuplă şi un alternator trifazic.

Alte centrale proiectate în U.R.S.S. [3 p 513] dau la $D = 50$ m puterea $P = 1\,000$ kW avînd greutatea în tone: rotorul 35, cabina şi anexe 20, grupurile de maşini 53, stîlpul metalic 52, deci total 160 tone. In S.U.A. (v. Fadeev [3] p. 523) funcţionează mai multe centrale eoliene de cîte 1 000 kW cu $D = 53$ m, fără cabină, la care arborele rotorului este cuplat prin angrenaje la alternatorul trifazic cu regulator automat, toate montate pe o sanie basculantă cardanic odată cu rotorul după direcţia vîntului. Stîlpul de susţinere variază de la 35 la 50 m, după situaţia locală a terenului. Rotorul cîntăreşte 20 tone şi grupul de maşini 40 tone,.

Propunere pentru centrale eoliene combinate cu transformator hidroenergetic

La microcentralele eoliene de cîţiva kW variaţia neregulată a puterii produse de rafalele vîntului, ca şi funcţionarea intermitentă cu întreruperi datorită perioadelor de calm, se pot uşor compensa printr-o baterie de acumulatori de capacitate suficientă. In acest scop rotorul eolian antrenează un dinam de curent continuu prin intermediul unui angrenaj multiplicator al turaţiei; pe lîngă reglajul palelor rotorului se intercalează şi un regulator al tensiunii electrice cum şi bateria de acumulatori. Aceste centrale foarte mici pot servi numai nevoilor locale, cu distribuţia la tensiuni joase.

Pentru centrale mari problema compensării puterii, produse nepermanent, cu sarcina dată de consumul de energie variabil orar este mai complicată şi nu mai poate fi rezolvată prin baterii cu acumulatori.

O posibilitate de compensare o întrevedem prin combinarea uneia sau a mai multor rotoare eoliene cu transformatoare hidroenergetice. Rotorul cu 2—3 pale elicoidale cu pasul variabil, analog cu palele rotorului Kaplan, antrenează un dinam de curent continuu prin multiplicarea cu angrenaje sau turbocuplă hidraulică, instalate în cabina fuzelată, a cărei bord de atac formează butucul palelor. Ampenajele cabinei o vor răsuci tot timpul în direcţia vîntului instantaneu.

Tensiunea dinamului trebuie să fie suficient de mare (1 000 V sau mai mult) pentru a se transporta energia electrică la motorul de curent continuu din staţia transformatorului hidroenergetic (Th), situată la cîteva sute de metri de rotor. Un grup Th constă din mai multe maşini cuplate între ele: M-motorul de curent continuu, A-alternatorul, P-pompa şi T-turbina (fig. 4 şi 5).

Un asemenea grup Th primeşte energie primară de curent continuu de la unul sau mai multe grupuri eoliene (fig. 4 arată un grup eolian cu un grup Th) şi funcţionează în mai multe feluri:

a) Cînd puterea eoliană P_e corespunde consumului din reţeaua electrică, P şi T se decuplează automat (sau rotesc evidate de apă ca simplu volant) şi funcţionează M cu A ca simplu convertizor de curent continuu în curent alternativ;

b) Cînd puterea eoliană P_e este mai mare decît cea consumată P_c atunci excedentul $P_e - P_c$ roteşte pompa, care ridică apa din rezervorul inferior R_i în cel superior R_s. In acest caz este decuplată turbina T, dar M antrenează simultan A pentru a deservi reţeaua electrică şi P pentru a pompa apă;

c) Cînd P_e este mai mică decît P_c atunci se decuplează pompa P și se cuplează automat tur-

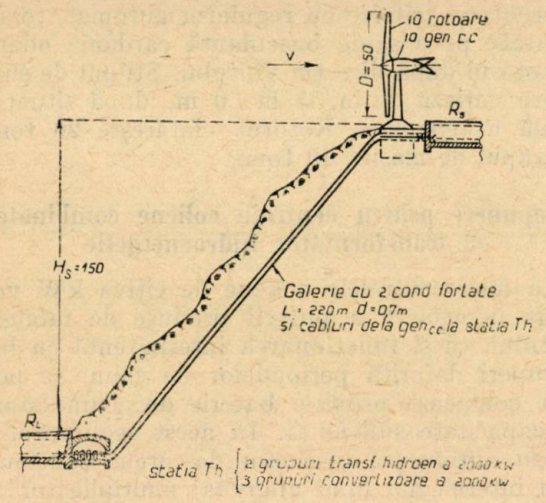


Fig. 4. Schema unui grup eolian combinat cu transformator hidroenergetic în regiune de munte.

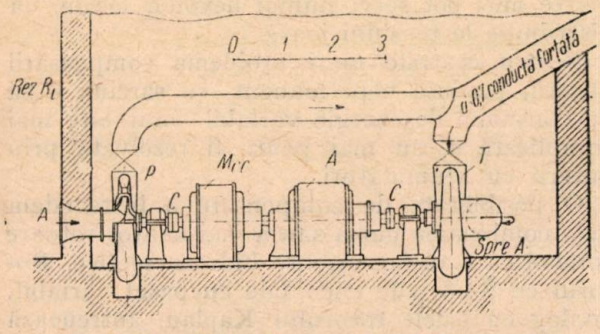


Fig. 5. Grupul transformatorului hidroenergetic.

bina T care primind apa de la R_s, prin aceeași conductă forțată, va antrena pe A, ajutat și

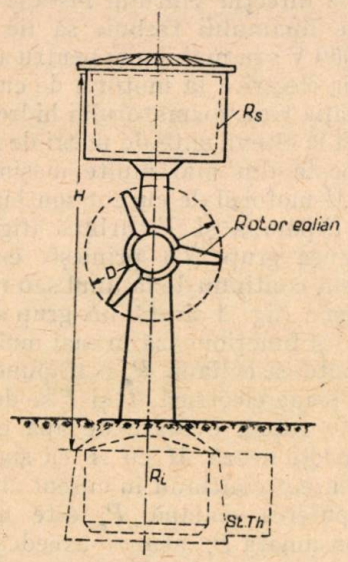


Fig. 6. Grup eolian cu transformator hidroenergetic în regiune de șes mult dezavantajat față de fig. 4.

de M. T va da puterea deficitară $P_c - P_e$, iar M va da P_e, deci rețeaua primește P_t total.

d) În timpul calmului, fiind $P_e = 0$, va lucra numai turbina T cu A, iar M și P se decuplează. Este evident că acest regim de funcționare are o durată limitată de capacitatea rezervoarelor $R_s = R_i$. Dacă durata calmului depășește pe aceea calculată, va trebui să intre în funcțiune o centrală termo sau hidroelectrică pe rețea.

Se observă cît de variată și elastică poate fi funcționarea acestui sistem eolian cu *Th*, spre deosebire de acela construit pînă în prezent, care nu are asigurată permanența funcționării.

In regiunea de șes, rezervorul R_s trebuie așezat pe capul stîlpului, asemănător unui castel de apă (fig. 6), iar R_i în subsolul fundației, de aceea capacitatea de acumulare fiind limitată, se realizează numai o compensație orară a puterii, însă nu deservește rețeaua electrică în timpul cît nu bate vîntul. Din acest motiv considerăm că ultimul sistem nu este avantajos.

Aplicație la o centrală eoliană cu transformator hidroenergetic

Pe baza datelor asupra vînturilor din [1] și fig. 1 și a calculelor preliminare se poate utiliza gama vitezelor de la $v_{min} = 3$ la $v_t = 14$ m/s, iar la vînturi mai intense, de la 14 la maximul de circa 30 m/s, se limitează viteza maximă instalată la 14 m/s prin reglarea palelor. După fig. 1 P_{min} la 3 m/s este asigurat în anul normal cu 83% iar P_t la 14 m/s cu 25% din timp.

Tinînd seama de efectul aerodinamic la crestele munților înalți, pot fi montate rotoarele eoliene aproape de sol, cu axa la 30 m peste sol. Cum vitezele v din fig. 1 referitoare la sol cresc cu altitudinea H, vom avea la $H = 30$ m peste sol v mai mare cu circa 10—15% (fig. 3).

Calculele le bazăm însă pe fig. 1 pentru a avea o marjă de siguranță în plus.

Ne propunem a combina 10 rotoare eoliene de cîte $P_t = 1\,000$ kW fiecare cu o singură stație *Th* cuprinzînd două grupuri *Th* de cîte 2 000 kW fiecare. Acest ansamblu îl numim *„Centrala eoliană cu Th"* (*CETh*) și va avea o putere instalată de 10 000 kW, rezerva permanentă prin *Th* de 4 000 kW și o producție utilă în anul normal $E_u = 32\,747\,000$ kWh/an, de 10 ori producția unui singur rotor cu diametrul $D = 50$ m calculat în tabela 2. Orele de utilizare $T_0 = \frac{E_u}{P_t} = 3\,275$ ore/an sînt comparabile cu uzinele hidroelectrice și energia produsă are suficientă permanență pentru a putea fi debitată pe o rețea regională.

a) *Calculul unui rotor se face pe baza formulei puterii instalate* P_t ce corespunde vitezii $v_t = 14$ m/s și randamentului $\eta_t = 0{,}303$:

$$P_t = 0{,}000481\, D^2 v_1^3 \eta_t = 1\,000 \quad (\text{kW})$$

din care rezultă diametrul exterior al rotorului cu 3 pale

$$D = \sqrt{\frac{1000}{0{,}000481 \cdot 14^3 \cdot 0{,}303}} = 50 \text{ m}.$$

In tabela 1 se arată randamentul rotorului $\eta_r = f(v)$ ţinînd seamă de măsurătorile efectuate la cîteva rotoare eoliene din U.R.S.S. [2] şi [3], apoi randamentul combinat $\eta_{tr}\ \eta_d\ \eta_m\ \eta_a$ al transmisiei multiplicatoare a turaţiei, a dinamului, motorului de curent continuu şi alternatorului şi puterea $P = F(v)$.

Trecerea de la tabela 1 la 2 s-a făcut cu ajutorul curbelor de asigurare (fig. 1), calculînd pentru fîşiile orizontale între fiecare m/s, energia ΔE separat pentru fiecare lună. Astfel au rezultat în tabela 2 producţiile şi puterile medii lunare.

Tabela 1

Calculul randamentelor şi puterii unui rotor eolian $D = 50$ m

v m/s	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
η_r %	43,5	46	48	49	50	49,5	49	48	47	45,5	43	40,4
η' *)	55	61	64	66,5	69	70,5	72	73	74	74,4	74,7	75
$\eta = \eta_r\ \eta'$	24	28,1	30,7	32,6	34,5	34,9	35,3	35	34,8	33,9	32,1	30,3
P kW (**)	8	22	46	85	142	215	310	421	558	704	848	1000

*) $\eta' = \eta_{tr}\ \eta_d\ \eta_m\ \eta_a$ randamentul de la transmisie pînă la alternator.
(**) $P = 0{,}000481\ D^2 v^3\ \eta = 1{,}203\ v^3\ \eta$ (kW).

zilnică $V = \dfrac{3\,600}{5{,}81\ H_s \eta_p \eta_t} = 72\,600$ m³ cu $\eta_p = 0{,}76$ la pompare şi $\eta_t = 0{,}796$ la funcţionarea cu turbină. Cu o marjă în plus de circa 40% alegem capacitatea rezervoarelor $V_s = V_j = 100\,000$ m³.

c) *Grupurile Th* se calculează în ipoteza că se instalează în staţia *Th*, situată lîngă rezervorul

Tabela 2

Producţia unui rotor eolian de $D = 50$ m

Luna	E kWh	ore de		Puterea medie kW		Ore funct. la
		funcţionare	nefuncţionare	în ore funcţionare	lunară	$P = 700$—$1\,000$
I	361 300	632	112	572	486	290
II	367 400	591	81	620	546	289
III	359 200	670	74	536	483	268
IV	302 000	605	115	499	420	223
V	306 700	632	112	486	412	186
VI	209 700	598	122	351	292	115
VII	266 400	632	112	422	358	156
VIII	184 900	603	141	307	249	108
IX	235 900	547	173	431	328	151
X	301 100	580	164	519	405	223
XI	356 500	605	115	589	495	244
XII	387 500	640	104	606	521	268
E =	3 638 600	7335	1425	—	—	2521
med	—	—	—	496	415	—

Din energie 25 % trece prin transformatorul hidroenergetic cu randamentul $\eta = 0{,}6$ aşa că rămîne util în reţea:

$$E_u = E - (1 - \eta)\,0{,}25\,E = 0{,}9\,E = 3\,275\,000 \text{ kWh/an.}$$

apoi orele de funcţionare medii şi orele de nefuncţionare a unui rotor.

Fig. 7 reprezintă randamentul global, de la rotor pînă la bornele alternatorului $\eta_r\ \eta_{tr}\ \eta_d\ \eta_m\ \eta_a = f(v)$, calculate în tabela 2, ca şi puterile P kW în funcţie de viteza instantanee (v).

b) *Compensaţia puterii.* Din studiul compensaţiei puterii disponibile P_d la cîte un grup de 2 rotoare şi puterea consumată P_c, rezumat în fig. 8, rezultă retenţia necesară compensaţiei $R' = 5\,700$ kWh. Se vede că $R'/E \sim 0{,}20$. La instalaţia cu 10 rotoare, fiind $P_i = 10\,000$ kW şi $E = 32\,747\,000$ kWh/an (de 10 ori E_u din tabela 2 pentru un rotor), este necesară o acumulare zilnică de $R' = 0{,}2\dfrac{E}{365} = 17\,944$ kWh. Pentru inferior, 2 grupuri de cîte 2 000 kW fiecare, deci total $P_i = 4\,000$ kW ca mai sus. Un grup are conform fig. 5, pe lîngă motorul M şi alternatorul A, a căror randamente $\eta_m\ \eta_a$ au intrat anterior în calculul puterii, o pompă P şi o turbină T de cîte 2 000 kW.

Fiind $H_s = 150$, $\eta_p = \eta_{hi}\eta_{pi} = 0{,}977 \cdot 0{,}78 = 0{,}76$ referitor la pompă, va fi:

$$P_i = 9{,}81\ Q_{pi}\frac{H_s}{\eta_{hi}\,\eta_{pi}} = 12{,}9\ Q_{pi}\ H_s = 2\,000 \text{ kW}:$$

$$Q_{pi} = \frac{2\,000}{12{,}9 \cdot 150} = 1{,}033 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fiecare grup are o conductă forțată cu $L \sim 220$m și $d = 0,7$ m, deci pierderea prin rezistențe :

$$h_{ri} = 0,0826\ Q_{pi}^2 \frac{\lambda L}{d^5} \sim 3,5 \text{ m (cu } \lambda = 0,03$$

inclusiv pierderile locale), deci :

$$\eta_{hi} = 1 - \frac{h_{ri}}{H_s} = 0,977.$$

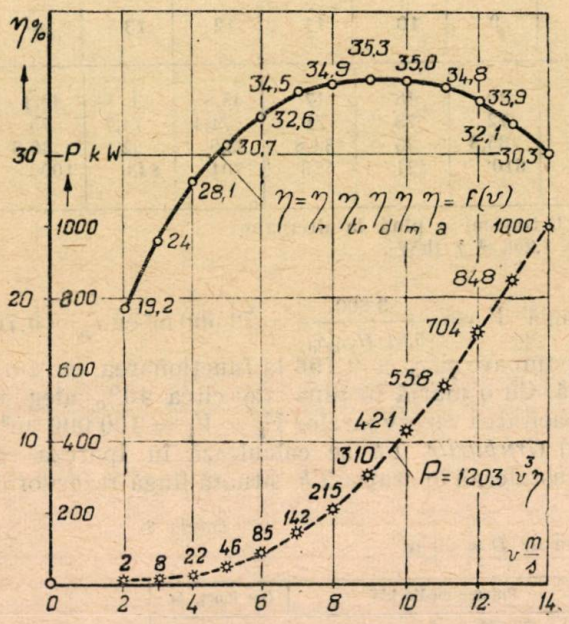


Fig. 7. Randamentul global și puterea unui rotor la diferite viteze

$$n_s = \frac{1\,000}{140,5} \sqrt{\frac{3040}{\sqrt{140,5}}} = 114, \text{ cu } -14\%$$

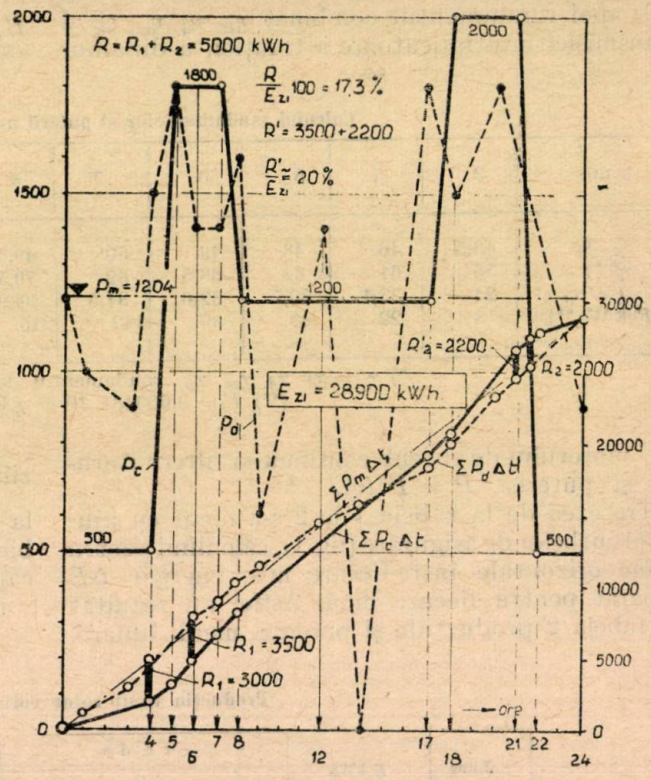


Fig. 8. Studiul compensației referitor la un grup de 2 rotoare eoliene de 2 000 kW total.

Fiind $P = 2\,000 \cdot 1,36 = 2\,720$ CP la arborele pompei și $H = H_s/\eta_{hi} = 153,5$ m, rezultă cu turația $n = 1\,000$ impusă de turbină :

$$n_s = \frac{1\,000}{153,5} \sqrt{\frac{2\,720}{\sqrt{153,5}}} = 96,5 ;$$

$$n_q = \frac{1\,000}{\sqrt{153,5}} \sqrt{\frac{1,033}{\sqrt{153,5}}} = 23,2$$

$$H = \frac{C_{u2}\, u_2}{g} \eta_h \quad k = 0,072\ C_{u2} u_2 ; \quad k = 0,83 ;$$

$$\eta_h = 0,85 ; \quad D_2/D_1 = 2,2 ;$$

$$\beta_2 = 15° ; \quad D_1 \sim D_0 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi C_0}} \sim 0,5 \text{ m} ;$$

$$C_0 = 0,1 \sqrt{2gH} = 5,5 \text{ m/s} ; \quad D_2 = 2,2\, D_1 = 1,1 \text{ m} ;$$

$$u_2 = \pi D_2 \frac{n}{60} = 57,5 ;$$

$$C_{u2} = \frac{H}{0,072\, u_2} = 37,1 \text{ m/s}.$$

Reiese la aceste date o pompă monorotoare cu dimensiunile din fig. 5. Turbina are :

$$H = H_s \eta_{hti} = 140,5 \text{ m} ;$$

$$P = 2\,000 \frac{1,36}{0,894} = 3\,040 \text{ CP} ;$$

$$Q = 1,71 \text{ m}^3/\text{s} ; \quad n = 1\,000 ;$$

sub $n_{sc} = \dfrac{27\,000}{H + 46} - 13 = 131,8.$

Deși turbina este calculată cu înălțimea de aspirație de 2 m, în schema fig. 5 se consideră $H_s = 0$ la nivelul minim și contrapresiunea de 6 m la nivelul maxim în rezervorul R_i, pentru a se evita cavitația și a se amorsa ușor pompa.

Dimensiunile turbinei sînt cu notațiile și formulele din [4]

$$D_{1e} = (0,307 + \frac{160}{114} +$$

$$+ 0,000\,00083 \cdot 114^2) \sqrt{\frac{1,71}{\sqrt{140,5}}} = 0,66 \text{ m}$$

$$D_0 = (0,32 + \frac{163}{114} +$$

$$0,000\,0013 \cdot 114^2) \sqrt{\frac{1,71}{\sqrt{140,5}}} \sim 0,70 \text{ m}$$

$$B = (0,05 \sqrt{114} - 0,001 \cdot 114 - 0,25)\, D_{1e} = 0,17 \text{ m}$$

Melcul are $d_{max} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi n_i}} = 0,566$ (ales 0,6), arborele $d = 0,14 \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \sim 0,2.$

Celelalte dimensiuni calculate nu mai sînt reproduse aici. In staţia *Th*, pe lîngă 2 grupuri conform fig. 5 mai sînt 3 convertizoare de cîte 2 000 kW compuse din cîte un *M* şi *A* însă fără *P* şi *T*.

d) *Calculele economice* constau din estimarea investiţiilor *I*, a cheltuelilor anuale $A = aI$ şi preţului de cost al energiei

10 rotoare eoline cu cabine metalice 400 t a 25 000 lei/t	= 10 000 000 lei
10 stîlpi b. a. rezervoarele $R_s + R_t$, beton la c.f. 50 000 m³ a 500	= 25 000 000 „
10 gen. c.c. a 1 000 kW la 1 kV, 1 000 rot/min 64 t a 50 000	= 3 200 000 „
5 motoare c.c. a 2 000 kW, 1 000 rot/min 50 t a 50 000	= 2 500 000 „
5 alternatoare a 2000 kW, 1000 rot/min 62 t a 50 000	= 3 100 000 „
2 turbine şi 2 pompe a 2 000 kW cu echip. 60 t a 35 000	= 2 100 000 „
2 conducte *f.* $L = 220$, $d = 0{,}7$ m 10 t a 30 000	= 300 000 „
tablouri electrice, automatizări telecomenzi, cabluri	= 10 000 000 „
clădirea staţiei *Th* şi diverse	= 8 800 000 „
Total investiţii *I*	65 000 000 lei

Cheltuielile anuale indirecte şi directe socotite cu 7,5% (faţă de 5% la uz. hidroelectrice) $A = 0{,}075\ I = 4\,875\,000$ lei/an. Energia produsă util $E = 32\,750\,000$ kWh/an. Preţul de cost al energiei la 6 kV ; $p = \frac{A}{E} \sim 0{,}15$ lei/kWh.

Concluzii

In anumite regiuni, mai ales în Carpaţii meridionali şi pe litoralul Mării Negre vînturile au intensităţi mari şi o oarecare permanenţă în timp.

Combinînd mai multe rotoare eoliene cu o staţie cu transformatoare hidroenergetice, se compensează puterea disponibilă variabilă, cu consumul de energie electrică.

In situaţia extrem de favorabilă din Bucegi la o asemenea centrală cu 10 rotoare, cu 2 *Th* şi 3 convertizoare, se obţine puterea instalată $P_i = 10\,000$ kW şi energia utilă $E = 32\,750\,000$ kWh/an.

Numai în munţii Bucegi se pot instala 5 asemenea centrale, deci 50 000 kW.

Ţinînd seama şi de alte regiuni estimăm că se pot instala în R.P.R., circa 2 000 000 kW cu o producţie de rotund 5 miliarde kWh/an.

Există şi alte posibilităţi faţă de propunerea aceasta, de aceea credem că trebuie dată o atenţie studiului şi utilizării energiei eoliene în R.P.R.

Bibliografie:

[1] *Stoenescu M.*: Clima Bucegilor, Ed. Tehnică 1951.
[2] *Sidorov V. I.* şi colectivul: Bistrohodnîi samoreguliruiusciisea vetrodvigateli, Maşghiz, 1950.
[3] *Fadeev E. M.*: Vetrodvigateli i Betroustanovki, Moscova, 1948.
[4] *Pavel Dorin*: Maşini hidraulice, vol. I, E.E.S., 1954.

★

ВЕТРОСТАНЦИИ С ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Резюме

Использование ветроэнергии особо актуально в современной энергетике и необходимо уделить ему соответствующее внимание и в нашей энергетике.

Одновременно с опубликованием настоящей статьи предлагающей новый тип установки для использования ветроэнергии, редакция просит всех занимающихся использованием этой энергии изложить свое мнение или результаты исследований в дискуссиях которые открываются на эту тему.

Precizări şi verificări experimentale ale supratensiunilor prelungite

Ing. FL. MANEA şi ing. SEB. IONESCU

Se dau verificările experimentale făcute în cadrul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R. de colectivul „Reţele şi Sisteme" compus din: ing. P. Dimo, E. Arie, Fl. Manea şi Ionescu S. asupra teoriei emise de ing. P. Dimo în legătură cu autoexcitaţia generatorilor în momentul punerii la pămînt, a unei faze în reţele cu neutrul izolat.

In general explicaţia supratensiunilor interne în reţelele cu neutrul izolat ce pot apare cînd una din fazele reţelei este pusă accidental la pămînt, a fost şi mai este încă atribuită fenomenului de intermitenţă a arcului. Experienţe numeroase efectuate în reţele reale sau pe modele, n-au putut confirma caracterul „prelungit" şi periculos al acestor supratensiuni.

Cercetări recente ale prof. Djuvarlî C. M. din Bacu [1] au stabilit teoretic şi experimental că multiplicitatea tensiunii datorită arcului intermitent nu poate depăşi valoarea 3,1 pentru orice valori ale curentului şi în orice condiţii ale apariţiei arcului. De aici se trage concluzia că arcul de punere la pămînt nu reprezintă un pericol pentru reţelele cu neutrul izolat şi izolaţie adecuată. Dealtfel în literatura tehnică nu există dovada sigură că supratensiunile prelungite ce au apărut în trecut la reţelele cu neutrul izolat s-ar fi datorat arcului intermitent, încercările experimentale făcute pe viu în trecut, neconfirmînd intermitenţa arcului.

Pentru explicarea caracterului „prelungit" al supratensiunilor ing. Dimo P. [2] atribuie drept cauză esenţială reacţia magnetizantă datorită capacităţii homopolare ce intervine în cazul punerii la pămînt a unei linii.

Această explicaţie permite uşor prevederea condiţiilor în care acest fenomen este periculos şi în orice caz trebuie luată în considerare. Din exemplele date de autorul acestei interpretări, precum şi din exemplele de calcul [3] se observă posibilitatea apariţiei supratensiunilor prelungite, uneori disimetrice, în reţele de înaltă tensiune funcţionînd cu neutrul izolat.

După părerea autorului acestei teorii, acestea sînt supratensiunile prelungite observate în trecut la reţelele de înaltă tensiune cu neutrul izolat, cu curenţi mari capacitivi. Supratensiunile care s-ar datora reaprinderilor succesive ale arcului, rămîn un fenomen mult limitat ca importanţă şi posibil numai la reţelele cu curenţi capacitivi mici (pentru valori ale curentului mai apropiate de limita instabilă a arcului).

Reactanţa de calcul în funcţionarea saturată

Deoarece în calculele iniţiale s-a ţinut seama într-un mod foarte aproximativ de saturaţia generatorilor prin fixarea unei reactanţe sincrone micşorate de la 180% pînă la 100% se vor indica, în cele ce urmează, metode mai precise pentru calculul supratensiunilor prelungite. Predeterminarea tensiunii la bornele unui generator sincron, pentru valori ale forţei electromotoare rezultante în întrefier cuprinse în domeniul linear al caracteristicii de mers în gol, se face comod prin calcul, utilizînd reactanţa sincronă ca mărime de valoare dată, constantă.

In domeniul saturat problema se complică din cauza nelinearităţii relaţiei dintre forţa magnetomotoare şi cea electromotoare, reactanţa sincronă de valoare constantă nemaiputînd să fie utilizată în calcul intervenind ca o mărime variabilă, dependentă de punctul de funcţionare de pe caracteristica de mers în gol, adică de f.e.m. din „spatele" reactanţei de scăpări (din întrefierul generatorului) a cărei valoare trebuie predeterminată. Cum nu se cunoaşte

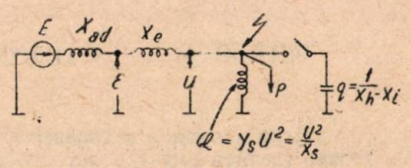


Fig. 1

tensiunea la borne, se impune folosirea metodei aproximaţiilor succesive.

Metoda se va aplica unei scheme echivalente a unui generator debitînd pe o sarcină cu caracteristici statice $P = ct$ şi $Q = KU^2$.

Schema echivalentă — în care s-au neglijat rezistenţele — este reprezentată în fig. 1.

S-a notat cu:

E — f.e.m. în „spatele reactanţei sincrone a generatorului;

X_{ad} — reactanţa corespunzătoare reacţiei indusului;

ε — f.e.m. în „spatele" reactanţei de scăpări a generatorului dată de fluxul rezultant din intrefier;

X_e — reactanţa de scăpări a generatorului (eventual reactanţa de scăpări în serie cu cea care leagă generatorul de consumator);

U — tensiunea în locul unde va apare defectul de punere la pămînt;

P, Q — puteri active și reactive absorbite de consumator;

$q = \frac{1}{H_h - X_i}$ puterea reactivă la $U = 1$ (în unități relative) dată de șuntul introdus de defect alcătuit din reactanța inversă în serie cu cea homopolară.

Acest șunt, în cazul rețelelor cu neutrul izolat, este de natură capacitivă, în compoziția lui fiind dominantă reactanța capacitivă homopolară a rețelei. Introducerea șuntului capa-

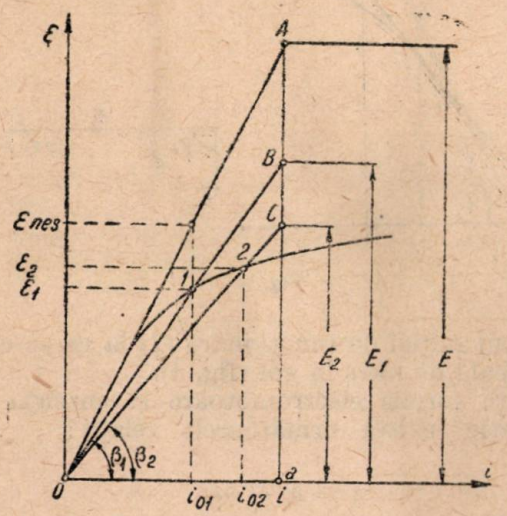


Fig. 2

citiv, determină o micșorare a reactanței indusului și deci o creștere cu caracter permanent a tensiunii la bornele generatorului. Fie pe caracteristica de mers în gol a generatorului din fig. 2. punctul de funcționare înainte de defect 1.

Vom presupune, cunoscut și punctul de funcționare după defect *2*.

In funcționare saturată în punctul *1* reactanța corespunzătoare reacției indusului va fi determinată prin reducerea valorii nesaturate în raportul pantelor dreptelor OA și OB:

$$X_{ad_1} = X_{ad} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta}.$$

In punctul *2* — presupus cunoscut — reactanța de reacție se obține analog din

$$X_{ad_2} = X_{ad} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_2}{\operatorname{tg} \beta}.$$

Dacă generatorul nu are regulator de tensiune, variația tensiunii la borne se face pentru același curent de excitație i. In acest caz, f.e.m. în „spatele" reactanțelor de reacție înainte și după defect sînt:

$$E_1 = Ba \quad \text{și} \quad E_2 = Ca$$

care corespund pe caracteristicile liniarizate duse prin punctele de funcționare (*1* și *2*) curentului de excitație $i = \text{ct}$.

Ecuațiile de conservare ale puterilor active și reactive înainte ($U = 1$) și după punerea la pămînt ($U = U$) dau:

$$P_1 = \frac{E_1}{X_1} \sin \delta_1 = \text{ct}$$

$$Q_1 = \frac{E_1}{X_1} \cos \delta_1 - \frac{1}{X_1} = \frac{1}{X_s} \tag{1}$$

$$P_2 = \frac{E_2 U}{X_2} \sin \delta_2 = \text{ct}$$

$$Q_2 = \frac{E_2 U}{X_2} \cos \delta_2 - \frac{U^2}{X_2} = \frac{U^2}{X_s'} \tag{2}$$

$X_{1,2}$ fiind reactanțele sincrone ale generatorului corespunzătoare punctelor de funcționare *1* și *2* pe caracteristica de mers în gol:

$$X_1 = X_{ad_1} + X_e; \quad X_2 = X_{ad_2} + X_e \tag{3}$$

$\delta_{1,2}$ unghiurile între f.e.m. $E_{1,2}$ și tensiunea U înainte și după defect, iar: X_s' reactanța de sarcină după defect:

$$\frac{1}{X_s'} = \frac{1}{X_s} - \frac{1}{X_h - X_i}.$$

Intrucît din triunghiurile OBa și OCa se obține:

$$\frac{E_1}{X_{ad_1}} = \frac{E_2}{X_{ad_2}}$$

ținînd seama de (3) prima relație din (2) capătă forma:

$$P_2 = E_1 \cdot \frac{X_{ad_2}}{X_{ad_1}} \cdot \frac{U}{X_{ad_2} + X_e} \sin \delta_2 = \text{ct}.$$

Și cum puterea activă nu variază după punerea la pămînt: $P_1 = P_2 = \text{ct}$, adică

$$\frac{E_1}{X_{ad_1} + X_e} \cdot \sin \delta_1 = \frac{E_1 U}{X_{ad_2} + X_e} \cdot \frac{X_{ad_2}}{X_{ad_1}} \cdot \sin \delta_2$$

rezultă,

$$\sin \delta_1 = \lambda U \sin \delta_2 \text{ sau } \cos \delta_2 = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \delta}{\lambda^2 U^2}} \tag{4}$$

în care:

$$\lambda = \frac{1 + \frac{X_e}{X_{ad_1}}}{1 + \frac{X_e}{X_{ad_2}}}$$

din a 2-a relație din (1) se obține:

$$E_1 = \frac{\left(\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_s}\right)}{\cos \delta_1} \cdot X_1$$

sau

$$E_2 = \frac{X_{ad_2}}{X_{ad_1}} \cdot \frac{\left(\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_s}\right)}{\cos \delta_1} X_1. \tag{5}$$

Inlocuind pe E_2 şi pe $\cos\delta_2$ obţinuţi din (4) şi (5) în ultima relaţie din (2) se ajunge la expresia :

$$\frac{\lambda}{\cos\delta_1}\cdot\sqrt{1-\frac{\sin^2\delta_1}{\lambda^2U^2}}=U\frac{\frac{1}{X_2}+\frac{1}{X'_s}}{\frac{1}{X_1}+\frac{1}{X_s}}=UK \qquad (6)$$

dacă se notează :

$$\frac{\frac{1}{X_2}+\frac{1}{X'_s}}{\frac{1}{X_1}+\frac{1}{X_s}}=K.$$

Rezolvînd ecuaţia (6) rezultă valoarea tensiunii directe după defect :

$$U^2=\frac{\lambda^2+\sqrt{\lambda^4-K^2\sin^2\delta_1}}{2K^2\cdot\cos^2\delta_1}. \qquad (7)$$

In relaţia (7) U este exprimat funcţie de parametrii cunoscuţi δ_1, X_{ad_1}, X_e, X_s, X'_s şi în funcţie de reactanţa de reacţie X_{ad_2} necunoscută.

Tensiunea U se poate calcula în felul următor :

Se alege o reactanţă $X'_{ad_2} \leqslant X_{ad_1}$ şi se determină tensiunea U' cu formula (7). Se obţine apoi

$$\varepsilon'=\sqrt{\left(U'+\frac{(\lambda_s U'^2-qU'^2)X_e}{U'}\right)^2+\left(\frac{PX_e}{U'}\right)^2}=$$

$$=\sqrt{U'^2[1+(\lambda_s-q)X_e]^2+\left(\frac{PX_e}{U'}\right)^2}$$

Forţei electromotoare ε' îi corespunde în planul ε, i (fig. 3) un punct M pe dreapa OM a cărei

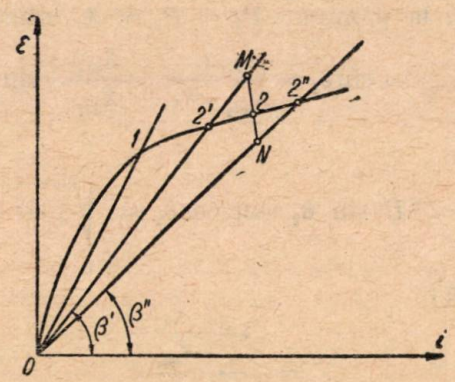


Fig. 3

pantă este $\operatorname{tg}\beta'=\alpha X'_{ad_2}$, unde α este o constantă (coeficientul de transformare de la stator la rotor).

Se alege o altă reactanţă X''_{ad_2} şi procedînd asemănător. se obţine un nou punct N. Dreapta $\overline{MN}$ determină cu bună aproximaţie pe caracteristica de mers în gol punctul 2 de functionare după defect deci valoarea f.e.m. din spatele reactanţei de scăpări ε. Cunoscînd ε se calculează apoi tensiunea U din punctul de defect.

La factor de putere prost $\cos\varphi \cong 0$ (sau la funcţionare în gol) se poate indica o altă metodă dacă definim o reactanţă echivalentă constantă a unei maşini sincrone nesaturate — care să aibă aceeaşi comportare în sistem, pentru variaţii mici în jurul valorilor parametrilor de funcţionare daţi ai generatorului saturat. Caracteristica de mers în gol a acestei maşini nesaturate este o dreaptă tangentă în

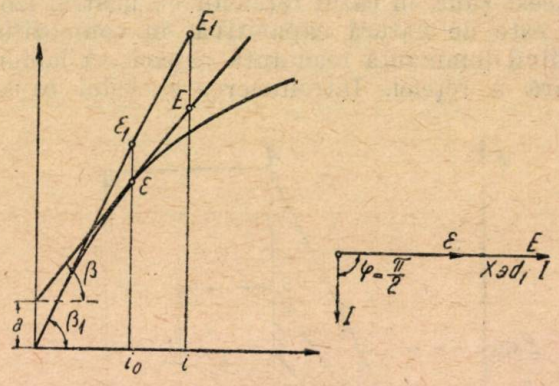


Fig. 4

punctul iniţial de funcţionare (*1*) la caracteristica reală de mers în gol (fig. 4).

Intre forţele electromotoare şi curenţii de excitaţie există următoarele relaţii :

$$\varepsilon=a+bi_0$$
$$E=a+bi \qquad (8)$$

unde : ε este forţa electromotoare dată de fluxul din întrefier;

E — f.e.m. fictivă corespunzătoare curentului de excitaţie (i) pe caracteristica linearizată;

b = $\operatorname{tg}\beta$ este panta caracteristicii linearizate;

i_0 — este curentul de excitaţie rezultant.

Pentru funcţionare inductivă ($\cos\varphi = 0$) se poate scrie :

$$i=i_0+\frac{I}{\alpha}$$
$$E=\varepsilon+X_{ad_1}I \qquad (9)$$

I fiind curentul statoric, α raportul său de transformare la cel rotoric, iar X_{ad_1} o reactanţă echivalentă reacţiei indusului în maşina sincronă nesaturată.

Din (8) şi (9) rezultă :

$$E-\varepsilon=b(i-i_0)=b\frac{I}{\alpha}=X_{ad_1}\cdot I$$

adică :

$$X_{ad_1}=\frac{b}{\alpha} \qquad (10)$$

Pentru determinarea lui α se folosesc rezultatele funcționării în gol și în scurtcircuit trifazat. Pe porțiunea rectilinie a caracteristicii de mers în gol se scrie:

$$\varepsilon_1 = b_1 i_0 \qquad E_1 = b_1 i \tag{11}$$

($b_1 = \operatorname{tg}\beta_1$ este panta porțiunii rectilinii a caracteristicii reale), iar la scurtcircuit:

$$\varepsilon_1 = X_\sigma I \qquad E_1 = X_g I \qquad \alpha = \frac{I}{i - i_0} \tag{12}$$

X_σ și X_g fiind respectiv reactanța de scăpări și cea sincronă.

Din (11) și (12) se obține:

$$i - i_0 = \frac{I}{\alpha} = \frac{E_1 - \varepsilon_1}{b_1} = \frac{I(X_g - X_\sigma)}{b_1} = \frac{I}{b_1} \cdot X_{ad}$$

sau:

$$\alpha = \frac{b_1}{X_{ad}} \tag{13}$$

Cu aceasta relația (10) capătă forma:

$$X_{ad_1} = \frac{b}{b_1} X_{ad} = \frac{\varepsilon - a}{\varepsilon_1} \cdot X_{ad}. \tag{14}$$

În consecință la funcționare cu factor de putere prost (funcționare în gol), în domeniul saturat este comodă utilizarea unei reactanțe corespunzătoare reacției indusului, a cărui valoare rezultă din cea nesaturată redusă în raportul pantelor caracteristicilor liniarizate de mers în gol.

Pentru calcule rapide se poate folosi reactanța dată de relația (14) și pentru factor de putere $\neq 0$ dacă variația de tensiune nu este mare. Acest lucru a fost confirmat de rezultatele experimentale.

Verificări experimentale

Verificări experimentale ale noii interpretări date fenomenului de supratensiuni în rețele cu neutrul izolat, s-au efectuat în laboratorul Institutului Politehnic București în lunile mai — iunie 1954. S-a realizat un model electric compus din generator — linie — consumator schema de principiu fiind arătată în fig. 5.

Generatorul a fost reprezentat de un grup sincron cu poli înecați, de putere nominală 30 kVA și tensiune nominală 220 V, avînd reactanța sincronă nesaturată — dedusă din f.e.m. pe porțiunea rectilinie a caracteristicii de mers în gol și curentul de scurtcircuit trifazat, egală cu 105% (1,7 Ω).

Linia electrică aeriană s-a modelat cu ajutorul capacităților între conductori C și a capacităților față de pămînt C_h (homopolare) Raportul $\frac{C_h}{C_s}$ unde C_s este capacitatea de serviciu ($C_s = C_h + 3C$), s-a ales apropiat de cel al liniilor aeriene reale. Intr-o primă serie de măsurători, raportul $\frac{C_h}{C_s}$ s-a luat egal cu $\sim \frac{3}{4}$

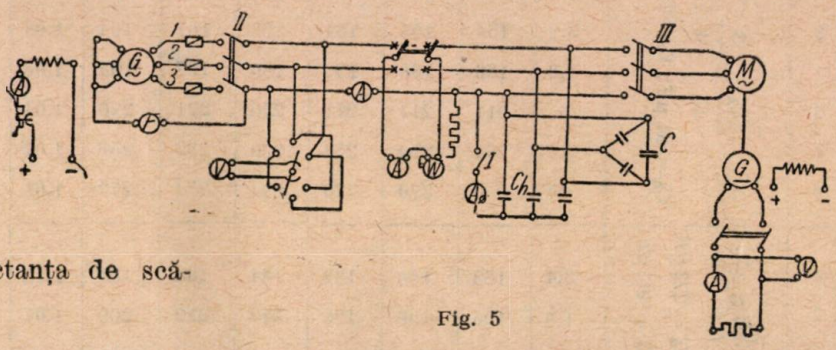


Fig. 5

($C = 22\ \mu F$; $C_h = 184\ \mu F$ și deci $C_s = 250\ \mu F$), iar în a 2-a serie de măsurători $\frac{C_h}{C_s} = \frac{2}{3}$ ($C = 44\ \mu F$; $C_h = 272\ \mu F$; $C_s = 404\ \mu F$).

Nu s-a luat în considerare reactanța longitudinală a liniei aeriene, neglijabilă față de reactanța generatorului. Rezistența liniei aeriene a fost reprezentată de rezistența ohmică a generatorului sincron, care a avut valoarea 11%, mai mare decît rezistența liniilor aeriene reale, care are deobicei valori cuprinse între 4 și 6%.

Consumatorul a fost reprezentat de un motor asincron de putere nominală 12 kW, care antrena un generator de curent continuu, ce debita pe un reostat de lămpi de circa 9 kW.

Supratensiunii prelungite care pot lua naștere într-o rețea care funcționează în gol, atunci cînd o fază se pune la pămînt, s-au reprodus pe modelul din fig. 5 prin închiderea întrerupătorului monopolar *I*, scurtcircuitînd astfel capacitatea homopolară a fazei *3*. In prealabil, generatorul a fost excitat pentru o tensiune dorită la borne (întrerupătorul *III* rămîne deschis în această parte a experienței).

Rezultatele obținute experimental s-au verificat prin calcul. Dacă în relația (7) se face $\delta_1 = 0$ (funcționare în gol) și se neglijează reactanța de scăpări a generatorului față de cea sincronă (reactanța de scăpări (Potier) a generatorului folosit a avut valoarea 4%) se obține:

$$U = \frac{1}{K} = \frac{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_s}}{\frac{1}{X_2} + \frac{1}{X'_s}} (\lambda = 1). \tag{15}$$

Vom întrebuința în calcul reactanța generatorului echivalent (14), adică:

$$X_1 = X_2 \cong X_{ad\,ech} = \frac{\varepsilon - a}{\varepsilon_1} \cdot X_{ad}$$

$\frac{1}{X_s} = Y_s$ admitanța sarcinii este, la mes în gol,

Tabela 1

Supratensiuni măsurate — rețeaua în gol

Nr.		i_e A	V_{13} V	V_{23} V	V_{12} V	V'_{13} V	V'_{23} V	V'_{12} V	$U=\frac{V'}{V}$	$E_P=\sqrt{3}\,.\,U$	$I_{1,2,3}$ A	$I'_1=I'_2$ A	I'_3 A	I_0 A
1	$\frac{C_h}{C_s}\,\frac{3}{4}$ ∥ $C_h=184\ \mu F$; $C_s=250\ \mu F$	2,2	62	62	62	69,6	70	69	1,12	1,94	3	4,8	8	7,18
2		2,8	100	100	100	111	112	111	1,12	1,94	4,6	7,6	12,8	11,3
3		3,9	154	154	154	166	167	164	1,08	1,88	7	11,5	19	17
4		4,8	186	186	186	196	197	195	1,06	1,83	8,5	13,5	22,5	20
5		6	211	211	211	220	221	220	1,04	1,8	9,6	15,2	25	—
6		11	254	254	254	260	262	258	1,02	1,76	11,6	17,8	29,5	—
7		15	270	270	270	274	274	272	1,01	1,75	12,4	18,8	31,5	—
1	$\frac{C_h}{C_s}\,\frac{2}{3}$ ∥ $C_h=272\ \mu F$ $C_s=404\ \mu F$	3,4	163	163	182	184	184	180	1,12	1,94	12	—	—	23,7
2		4,6	196	196	196	210	212	209	1,07	1,85	13	—	—	27,2

i_e este curentul de excitație al generatorului.

V_{12}, V_{23}, V_{12} sînt tensiunile între faze înainte de punerea la pămînt.

V'_{13}, V'_{23}, V'_{12} sînt tensiunile între faze după punerea la pămînt.

I_1, I_2, I_3 curenții pe linie.

I'_1, I'_2, I'_3 curenții pe linie după punerea la pămînt.

I_0 curentul de punere la pămînt.

aproximativ egală cu admitanța dată de capacitatea de serviciu a liniei:

$$\frac{1}{X_s}=Y_s=-C_s\omega$$

Admitanța sarcinii în paralel cu șuntul introdus de defect are valoarea:

$$\frac{1}{X'_s}=\frac{1}{X_s}-\frac{1}{X_h-X_i}\cong\frac{1}{X_s}-\frac{1}{X_h}$$

neglijînd și reactanța inversă a generatorului față de reactanța homopolară a liniei. Avem deci:

$$\frac{1}{X'_s}=-C_s\omega-C_h\omega,$$

iar relația (15) capătă forma:

$$U=\frac{\frac{1}{X_1}-C_s\omega}{\frac{1}{X_1}-C_s\omega-C_h\omega}=\frac{1}{1-\frac{C_h\omega}{\frac{1}{X_1}-C_s\omega}}. \quad (16)$$

Supratensiunile calculate și cele măsurate sînt trecute în tabela 2 în care s-a notat:

- ε — f.e.m. în întrefier (egală, dacă s-a neglijat reactanța de scăpări, cu tensiunea la borne).
- a — ordonata la origine a tangentei dusă în punctul de funcționare la caracteristica de mers în gol.
- ε_1 — f.e.m. din întrefier pe prelungirea porțiunii rectilinii a caracteristicii de mers în gol.

Tabela 2

Supratensiuni calculate — rețeaua în gol

	ε Volți	a Volți	ε_i Volți	$X_{\sigma 1}$%	U	E_p calculat	E_p măsurat
1	40,2	0	40,2	105	1,12	1,94	1,94
2	64,2	0	64,2	105	1,12	1,94	1,94
3	96	27	102	69	1,08	1,87	1,88
4	113,2	46	128	53,5	1,057	1,83	1,83
5	127	71	162	35,3	1,036	1,795	1,8
6	151	119	282	11,6	1,015	1,753	1,76
7	158,2	133	360	6,64	1,01	1,75	1,75
1	106	39	117	58,5	1,12	1,94	1,94
2	122	65	150	44,2	1,07	1,85	1,85

În partea 2-a a experienței s-a alimentat motorul asincron, prin închiderea întrerupătorului *III* fig. 5. Punerea la pămînt a fazei *3* s-a reprodus prin închiderea întrerupătorului I. Valorile obținute experimental se pot urmări în tabela 3.

Prin calcul supratensiunile se verifică folosind una din metodele indicate. Spre exemplificare vom aplica pentru măsurarea de la punctul *4* din tabela 3, metoda aproximațiilor succesive.

Punctul inițial de funcționare al generatorului pe caracteristica de mers în gol ($\varepsilon = U = \frac{166}{\sqrt{3}} = 96$ V) îi corespunde reactanța

$$X_{ad_1}=\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_{nes_1}}\cdot X_{ad}=\frac{96}{104}\cdot 1{,}655=1{,}53\ \Omega$$

și unghiul δ_1:

$$\operatorname{tg}\delta_1=\frac{X_{ad_1}\cdot I_1\cdot\cos\varphi_i}{U+X_{ad_1}\cdot I_1\sin\varphi_1}=0{,}507\rightarrow\delta_1=26°50'.$$

În sarcină frecvența generatorului a scăzut la 48,5 H datorită motorului asincron de antrenare și deci a fost necesar să se efectueze corecții asupra caracteristicii de mers în gol și asupra reactanțelor generatorului.

Tabela

Supratensiuni măsurate — reteaua în sarcină

Nr.		i_e A	V_{12} V	V_{23} V	V'_{31} V	V'_{12} V	V'_{23} V	V'_{31} V	$u=\frac{V'}{V}$	E_p	P_{13} W	P_{23} W	P_G	tg φ	I_0 A
1	$C_h = 184\ \mu F$	6,8	180	180	180	185,6	186	186	1,032	1,79	4350	5550	9900	0,21	14
2		7,3	188,4	188,4	188,4	194	194,4	194,4	1,032	1,79	4200	5620	9820	0,251	14,5
3	$C_s = 250\ \mu F$	8,7	208	208	208	212	212,4	212,6	1,02	1,77	4140	6220	10360	0,348	15,7
4	$C_h = 272\mu F$	6	166	166	166	178,4	179	180	1,085	1,88	4580	5240	9820	0,119	22,8
5	$C_s = 404\ \mu F$	7,8	202	202	202	210	210	211	1,045	1,81	4430	5700	10130	0,218	26,4

P_{13} şi P_{23} sînt active măsurate prin metoda celor 2 wattmetre. Puterea totală dată de generator este $P_g = P_{13} + P_{23}$. Factorul de putere cos φ s-a dedus din:

$$\operatorname{tg}\varphi = \sqrt{3} \cdot \frac{P_{13} - P_{23}}{P_{13} + P_{23}}.$$

Reactanţa sincronă nesaturată a generatorului sincron este de 1,655 Ω la frecvenţa de lucru faţă de 1,7 Ω la frecvenţa nominală.

Deoarece am presupus reactanţa de scăpări a generatorului egală cu 0, iar linia aeriană s-a modelat numai prin capacităţile între conductori

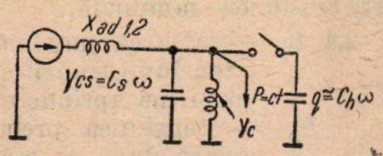


Fig. 6

şi între conductori şi pământ vom obţine conform fig. 6

$$\frac{1}{X_s} = C_s\,\omega + Y_e \text{ şi } \frac{1}{X'_s} = Y'_s = -C_s\,\omega + Y_e - C_h\omega$$

în care γ_e este admitanţa consumatorului de putere reactivă.

Punctul de funcţionare a fost încadrat considerînd întîi:

$$X_{ad_2} = X_{ad_1} = 1{,}53\ \Omega \text{ şi apoi } X_{ad_2} = 1{,}3\ \Omega.$$

S-au obţinut astfel:

$$K_{11} = 0{,}881 \rightarrow u_1 = 1{,}17 \rightarrow U_1 = 112\ \text{V}$$

$$K_{12} = 1{,}048 \rightarrow u_2 = 0{,}94 \rightarrow U_2 = 90\ \text{V}$$

Tensiunilor U_1 şi U_2 le corespund în fig. 7 punctele M şi N. Dreapta MN determină pe caracteristica de mers în gol punctul 2 — adică o tensiune după defect de 105 V — faţă de 104 V $\left(\frac{180}{\sqrt{3}}\right)$ măsurat.

Rezultate suficient de apropiate de cele obţinute experimental se găsesc dacă se foloseşte reactanţa generatorului echivalent (14) — cum se vede în tabela 4.

In urma măsurătorilor efectuate se pot trage o primă serie de concluzii:

a) Incercările experimentale executate pe un model de laborator au arătat existenţa fenomenului descris în lucrarea „Cauza supratensiunilor prelungite în reţele cu neutrul izolat" de ing. P. Dimo, precum şi excitatea formulelor indicate.

Tabela 4

Supratensiuni calculate — reţeaua în sarcină

	K	δ_i	U	E_p calculat	E_p măsurat
1	0,9546	13°40′	1,05	1,81	1,79
2	0,961	11°30′	1,08	1,8	1,79
3	0,97	7°30′	1,03	1,78	1,77
4	0,928	16°50′	1,1	1,89	1,88
5	0,952	8°	1,05	1,81	1,81

b) Pentru calculul supratensiunilor prelungite ale reţelelor reale la variaţii mari ale puterii reactive, (reţele cu curent mare capacitiv) sau în cazul cînd s-ar dori o verificare exactă a unei supratensiuni apărută într-o reţea reală se impune folosirea metodei de aproximaţii succesive.

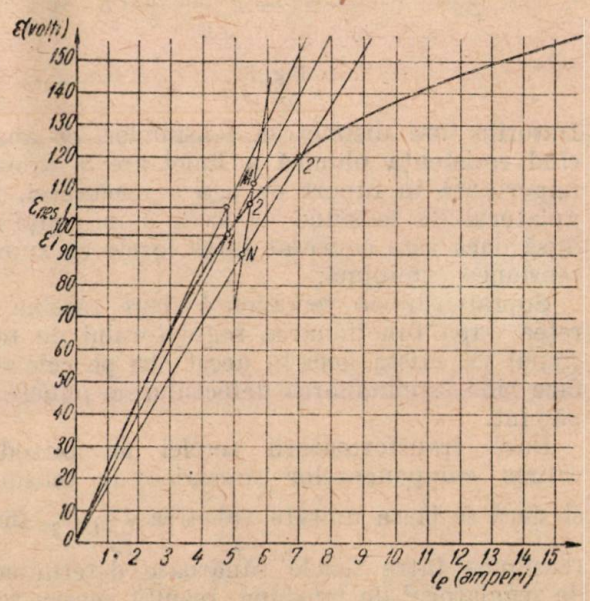


Fig. 7

c) Din punct de vedere practic rezultate apropiate se obţin dacă în relaţia (7) se introduce reactanţa constantă a generatorului echivalent

(14) (în care caz $\lambda = 1$), deoarece este suficient să știm că supratensiunile prelungite depășesc o limită relativ joasă [$(1{,}8 \div 2)\ U_f$] ca să fie necesară tratarea neutrului rețelei.

Influența regulatorilor de tensiune

Reglajul manual al tensiunii, așa cum se făcea la începutul dezvoltării rețelelor de transport și distribuția energiei electrice permitea o solicitare îndelungată și deci cu atît mai periculoasă a izolației din cauza supratensiunilor prelungite ce puteau apare.

Automatizarea reglajului tensiunii, reduce în general pericolul supratensiunii prelungite micșorînd durata de acțiune a valorilor mari.

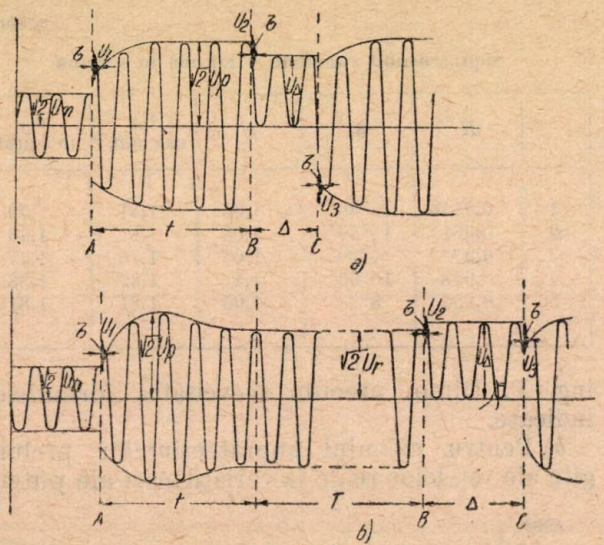


Fig. 8

Datorită însă disimetriei tensiunilor, ce apare cînd rezistența ohmică a liniei are o valoare importantă în raport cu cea a reactanței, regulatorul de tensiune va avea o influență redusă dacă este conectat între fazele cu supratensiunea minimă.

Supratensiunea remanentă (care rămîne în rețea după funcționarea regulatorului de tensiune) va exista deci în acest caz pe celelalte faze pînă la eliminarea defectului de punere la pămînt.

Dacă transformatorii rețelei nu introduc rotirea componentelor simetrice de tensiune și dacă se ia ca unitate valoarea $\frac{U_{23}}{\sqrt{3}}$, U_{23} fiind tensiunea între fazele sănătoase determinată de regulatorul de tensiune, rezultă pentru tensiunile față de pămînt următoarele valori relative :

$$U_{21} = \left| 1{,}5 \frac{\bar{Z}_h}{2\bar{Z}_i + \bar{Z}_h} j + \frac{\sqrt{3}}{2} \right|$$

$$U_{31} = \left| 1{,}5 \frac{\bar{Z}_h}{2\bar{Z}_i + \bar{Z}_h} j - \frac{\sqrt{3}}{2} \right|.$$

In cazul transformatoarelor ΔY din cauza rotirii cu $\pm 30°$ a componentelor directe și cu $\pm 30°$ a celor inverse supratensiunile se calculează folosind expresiile :

$$U = \left| \frac{1{,}5 + j \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2\bar{Z}_i + \bar{Z}_h}{Z_h}}{0{,}5 + j \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2\bar{Z}_i + \bar{Z}_h}{Z_h}} \right| \text{ pentru primar și}$$

$$U = \left| \frac{\sqrt{3}}{\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2\bar{Z}_i + \bar{Z}_h}{Z_h}} \right| \text{ pentru secundarul transformatorului.}$$

Ținînd seama de efectul arcului intermitent reprezentarea în timp a fenomenului este redată aproximativ în fig. 8 *a* în lipsa regulatorului de tensiune și în fig. 8, *b* pentru influența reglajului automat de tensiune.

In punctele :

A....aprinderea arcului
B....stingerea arcului
C....reaprinderea arcului

U_n este tensiunea nominală.

$U_1 \leqslant 2{,}4\ U_n$ —valoarea maximă a supratensiunii tranzitorii ce apare la prima aprindere a arcului ;

U_p — tensiunea prelungită ce apare după ce reactanța generatorului a atins valoarea reactanței sincrone și înainte de intervenția regulatorului ;

U_r — tensiunea remanentă ce apare după reglajul automat al tensiunii ;

$U_\Delta \begin{cases} \leqslant 1{,}6 \sqrt{2}\, U_p \text{ în fig. } a \\ \leqslant 1{,}6 \sqrt{2}\, U_r \text{ în fig. } b \end{cases}$ —valoarea maximă a supratensiunii staționare ce apare după stingerea arcului.

$U_2 \begin{cases} \leqslant 2 \sqrt{2}\, U_p \text{ în fig. } a \\ \leqslant 2 \sqrt{2}\, U_r \text{ în fig. } b \end{cases}$ —valoarea maximă a supratensiunii tranzitorii ce apare după stingerea arcului.

$U_3 \begin{cases} \leqslant 3{,}1\ U_p \text{ în fig. } a \\ \leqslant 3{,}1\ U_r \text{ în fig. } b \end{cases}$ —valoarea maximă a supratensiunii tranzitorii ce apare la reaprinderea arcului.

Duratele acestor supratensiuni variază aproximativ în următoarele limite :

$$\tau \ll \frac{1}{100}\ \text{s}$$

$$t < 5\ \text{s}$$

$T \rightarrow$ cîteva ore

$$\Delta < \frac{n}{100}\ \text{s (cîteva semiperioade).}$$

Gradul de periclitare a izolației

Conform reprezentărilor variației în timp a supratensiunilor este necesar să se considere o valoare staționară mai ridicată denumită „prelungită" avînd o durată de maxim 5 s în cazul reglajului automat și o alta mai scăzută denumită „remanentă" ce poate persista un timp nedefinit. La acestea se suprapun valorile tranzitorii cu vîrful de maxim $3{,}1 \cdot \sqrt{2}$ tensiunea staționară.

Conform indicațiilor lui A. V. Panov și A. V. Sapojnicov referitoare la valorile admisibile de creștere a supratensiunilor în exploatare în funcție de durată, ținînd seama de normele românești pentru încercarea transformatorilor și cele sovietice pentru încercarea transformatorilor construiți înainte de 1936 s-a alcătuit tabela:

Tensiunea nominală a rețelei U_n . . . . . kV	6	15	35	60	110	220
Tensiunea de încercare după STAS ($U_{înc}$) . . . kV(I)	19,5	41	76	127	207	
Tensiunea de încercare după GOST, pt transformatori construiți înainte de 1936 ($U_{înc}$) . . . . . kV(II)	13	31	71	121	221	441
Supratensiunea staționară admisibilă timp de 5 sec. (I)	4,8	4,26	3,38	3,12	2,93	
$\left(\frac{U_p}{1/\sqrt{3}\,U_n}\right)$ (II)	3,38	3,22	3,17	3,15	3,12	3,12
Supratensiunea staționară admisibilă timp de 60 min (I)	3,46	2,94	2,32	2,15	2,0	2,0
$\left(\frac{U_r}{1/\sqrt{3}\,U_n}\right)$ (II)	2,32	2,21	2,16	2,16	2,15	2,15
Supratensiunea staționară admisibilă timp infinit de lung $\left(\frac{U_r}{1/\sqrt{3}\,U_n}\right)$ (I)	2,80	2,36	1,89	1,73	1,73	1,73
(II)	1,88	1,79	1,76	1,75	1,74	1,74

(Valorile notate cu *I* se referă la tensiunea de încercare stabilite de STAS, valorile notate cu *II* se referă la tensiunile prevăzute de GOST pentru transformatori vechi).

Din calculul supratensiunilor prelungite și remanente pentru diverse tipuri de rețele între 6 kV și 220 kV s-au dedus următoarele concluzii:

a) În cazul reglajului automat de tensiune supratensiunile prelungite nu sînt periculoase în general nedepășind valoarea $3U_f$. Dacă reglajul se face manual, durata fiind mai mare, supratensiunile periculoase au valoarea de circa $2\ U_f$, ce poate fi frecventă la rețelele de 60 kV (sau mai mult în general) iar pentru rețele întinse, chiar la tensiuni nominale mai mici de 60 kV.

Aceasta explică dece în ultimul timp pe măsura introducerii reglajului automat defectele de această natură sînt mai puțin întîlnite.

b) Supratensiunea „remanentă" poate depăși limita admisibilă pentru rețele cu tensiuni nominale mai mari ca 60 kV inclusiv.

In cazul liniilor aeriene de 35 kV sau mai puțin, supratensiunea remanentă nu depășește în mod obișnuit valoarea limită de $1{,}9\ U_f$.

Pentru rețelele de cabluri cu valori mari ale capacității homopolare și rezistențelor, disimetriile pot fi importante și deci funcționarea cu defect la pămînt periculoasă.

Bibliografie

[1] *Djuvarli C. M.*: Contribuții la teoria supratensiunilor datorite arcurilor de punere la pămînt într-o rețea cu fir neutru izolat. Electricestvo, nr. 6/1953, p.18

[2] *Dimo P.*: Cauza supratensiunilor prelungite în rețelele cu neutru izolat. Studii și cercetări de energetică, Tom. III. 1953, pag. 15—95.

[3] *Manea F.*: Verificarea prin calcul a supratensiunii prelungite, Studii și Cercetări de energetică Tom. III, 1953, pag. 97.

★

УТОЧНЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ДЛИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Р е з ю м е

Излагаются результаты экспериментальной проверки — проведенной в Институте Энергетики Академии Р.Н.Р. коллективом „Сети и системы" состоящим из: инж. П. Димо, Е. Арие, Ф. Маня и С. Ионеску — теории разработанной инж. П. Димо в связи с самовозбуждением генераторов в момент заземления одной фазы в сетях с изолированной нейтралью.

Comportarea transformatoarelor de curent în regimul tranzitoriu de scurtcircuit

Conf. ing. C. MIHĂILEANU

Autorul prezintă modul de comportare a transformatoarelor de curent într-un regim tranzitoriu de scurtcircuit, prin care se face trecerea de la regimul permanent de pinainte și regimul permaneat de scurtcircuit și insistă asupra utilizării transformatoarelor de curent intermediare cu miez saturat.

Transformatorul de curent trebuie să reproducă cît mai fidel, în înfășurarea sa secundară, variațiile curentului ce parcurge înfășurarea sa primară. In funcționare normală, putem considera că avem deaface cu regimuri permanente sinusoidale, trecerile de la un regim permanent la altul, provocate de variațiuni normale de sarcină în circuitul primar, neavînd o amploare deosebită, nu formează obiectul unei atenții deosebite, cu atît mai mult cu cît studiul acestor stări nu ar avea aplicații decît în problemele de măsurare nu și în cele de protecție.

Cu totul altfel stau lucrurile în momentul cînd se produce un scurtcircuit în rețeaua în care este intercalată înfășurarea primară a transformatorului de curent. Trecerea de la regimul permanent dinainte de producerea scurtcircuitului la regimul permanent de scurtcircuit se face prin intermediul unui regim tranzitoriu de scurtcircuit. Scopul urmărit de acest studiu este de a prezenta comportarea transformatorului de curent într-un astfel de regim.

Curentul primar al transformatorului de curent raportat la înfășurarea secundară este în acest caz:

$$i'_p = i'_{fp} + i'_{lp} = I'_m \cos \omega t - I'_m e^{-\frac{t}{T_1}} \qquad (1)$$

în care:

i'_p este curentul primar de scurtcircuit raportat la înfășurarea secundară;

i'_{fp} — componența forțată (periodică) a lui i'_p;

i'_{lp} — componenta liberă (aperiodică) a lui i'_p;

I'_m — amplitudinea componentei forțate a lui i'_p;

$T_1 = \frac{L_p}{R_p} = \frac{X_p}{\omega R_p}$ — constanta de timp a circuitului primar, în care se produce scurtcircuitul.

Expresia (1) a curentului primar este scrisă în următoarele ipoteze simplificatoare:

— că i'_{fp} nu se amortizează (amplitudinea I'_m rămîne constantă);

— că momentul producerii scurtcircuitului este acela în care i'_{fp} trece prin maxim;

— că înainte de producerea scurtcircuitului curentul primar era nul.

In fig. 1 se arată reprezentarea grafică a curentului primar i'_p pentru:

$$I'_m = 1;\ T_1 = 0{,}1\ \text{s};\ \omega = 314\ \text{s}^{-1}.$$

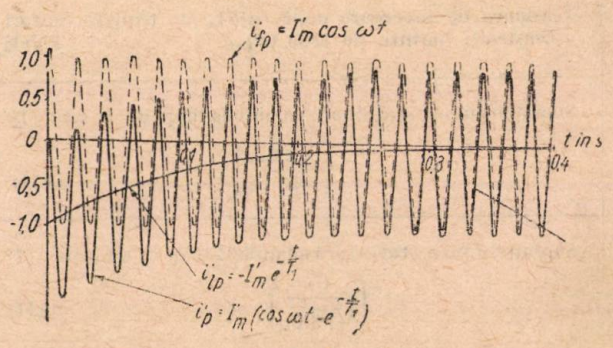


Fig. 1.

1. Schema echivalentă a transformatorului de curent

In fig. 2 este reprezentată schema echivalentă a transformatorului de curent.

L_1, L_2 sînt bornele înfășurării primare;

I_1, I_2 — bornele înfășurării secundare;

R'_p și L'_p — rezistența și inductanța de scăpări ale înfășurării primare raportate la înfășurarea secundară;

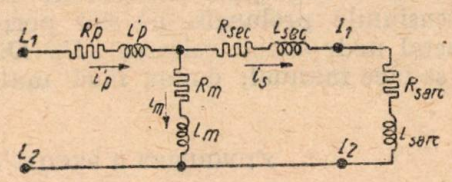


Fig. 2

R_{sec} și L_{sec} — rezistența și inductanța de scăpări ale înfășurării secundare;

R_m, L_m — rezistența și inductanța circuitului de magnetizare echivalate față de înfășurarea secundară;

R_{sarc}, L_{sarc} — rezistența și inductanța sarcinii racordată în circuitul secundar al transformatorului de curent (circuite secundare, instrumente de măsurat, relee de protecție, etc.)

i'_p — curentul primar condiționat de circuitul primar în care s-a produs scurtcircuitul: expresia sa este dată de (1);

i_m — curentul de magnetizare determinat față de înfășurarea secundară;

i_s — curentul secundar.

Scopul urmărit este de a determina mărimea și felul de variație al curenților i_m și i_s, atunci cînd i'_p variază conform cu (1).

2. Punerea în ecuație și rezolvarea ecuației diferențiale

Din legile lui Kirchhoff rezultă:

$$i'_p = i_m + i_s \tag{2}$$

și

$$L_m \frac{di_m}{dt} = R_s i_s + L_s \frac{di_s}{dt} \tag{3}$$

unde:

$$R_s = R_{sec} + R_{sarc}$$

$$L_s = L_{sec} + L_{sarc}$$

R_m s-a considerat egal cu zero (aproximație justificată avînd în vedere că transformatoarele de curent lucrează cu inducții foarte mici în fier).

Vom considera pe rînd că $i'_p = i'_{fp} = I'_m \cos \omega t$ și apoi că $i'_p = i'_{lp} = -I'_m e^{-\frac{t}{T_1}}$ și vom determina componentele lui i_m corespunzînd celor două componente ale lui i'_p (să notăm aceste componente $i_{m(fp)}$ și $i_{m(lp)}$.

a) *Considerăm* $i'_p = i'_{fp}$

Ecuația (2) devine:

$$i'_{fp} = i_{m(fp)} + i_{s(fp)} \tag{4}$$

sau derivată:

$$\frac{di_{m(fp)}}{dt} + \frac{di_s}{dt} = \frac{di'_{fp}}{dt} = -\omega I'_m \sin \omega t; \tag{5}$$

iar ecuația (3) devine:

$$L_m \frac{di_{m(fp)}}{dt} = R_s i_s + L_s \frac{di_s}{dt}. \tag{6}$$

Inlocuind în (6) pe i_s și $\frac{di_s}{dt}$ scoși din (4) și (5), obținem

$$(L_m + L_s) \frac{di_{m(fp)}}{dt} + R_s \cdot i_{m(fp)} = I'_m (R_s \cos \omega t - \omega L \sin \omega t) \tag{7}$$

Această ecuație se poate pune sub forma generală:

$$\frac{di_{m(fp)}}{dt} + M \cdot i_{m(fp)} = N \cos \omega t + P \sin \omega t \tag{8}$$

unde s-a notat cu:

$$M = \frac{R_s}{L_m + L_s} \tag{9}$$

$$N = \frac{R_s}{L_m + L_s} I'_m \tag{10}$$

$$P = -\frac{\omega L_s}{L_m + L_s} I'_m \tag{11}$$

Această ecuație (8) are o soluție generală care este în același timp și componenta liberă a lui $i_{m(fp)}$ pe care o vom nota $i_{lm(fp)}$ și o soluție particulară care este totodată și componenta forțată a lui $i_{m(fp)}$, pe care o vom nota cu $i_{fm(fp)}$.

Se poate scrie soluția ecuației lineare de ord. 1 cu parte dreaptă:

$$i_{m(fp)} = i_{lm(fp)} + i_{fm(fp)} = C_1 e^{-Mt} + C_2 \cos \omega t + C_3 \sin \omega t. \tag{12}$$

Pentru determinarea constantelor arbitrare de integrare se derivează (12) și se înlocuiește în (8) identificîndu-se apoi coeficienții. Se obțin ecuațiile:

$$-\omega C_2 + MC_3 = P \tag{13}$$

$$\omega C_3 + MC_2 = N \tag{14}$$

care rezolvate dau:

$$C_2 = \frac{MN - \omega P}{M^2 + \omega^2} \tag{15}$$

$$C_3 = \frac{MP + \omega N}{M^2 + \omega^2}. \tag{16}$$

Din condiția inițială că la $t = 0$ $i_{m(fp)} = 0$ rezultă condiția:

$$C_1 + C_2 = 0 \text{ sau } C_1 = -C_2 = \frac{\omega P - MN}{M^2 + \omega^2} \tag{17}$$

Așa dar, cele două componente: liberă și forțată ale curentului de magnetizare datorită componentei forțate a curentului primar sînt:

$$i_{lm(fp)} = \frac{\omega P - MN}{M^2 + \omega^2} e^{-Mt} \tag{18}$$

$$i_{fm(fp)} = \frac{MN - \omega P}{M^2 + \omega^2} \cos \omega t + \frac{MP + \omega N}{M^2 + \omega^2} \sin \omega t \tag{19}$$

sau făcînd înlocuirile din (9) (10) și (11):

$$i_{lm(fp)} = -\frac{R_s^2 + \omega L_s (L_m + L_s)}{R_s^2 + \omega^2 (L_m + L_s)^2} I'_m e^{-\frac{R_s}{L_m + L_s} t} \tag{20}$$

$$i_{fm(fp)} = \frac{I'_m}{R_s^2 + \omega^2 (L_m + L_s)^2} \left\{ \left[R_s^2 + L_s \omega^2 (L_m + L_s) \right] \cos \omega t + \omega L_m R_s \sin \omega t \right\} \tag{21}$$

b) *Considerăm* $i'_p = i_{lp}$.

Ecuația (2) devine:

$$i'_{lp} = i_{m(lp)} + i_{s(lp)}. \tag{4'}$$

Avem apoi succesiv:

$$\frac{di_{m\,(lp)}}{dt} + \frac{di_s}{dt} = \frac{di'_{lp}}{dt} = \frac{I'_m}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} \tag{5'}$$

$$L_m \frac{di_{m\,(lp)}}{dt} = R_s i_s + L_s \frac{di_s}{dt} \tag{6'}$$

$$(L_m + L_s) \frac{di_{m\,(lp)}}{dt} + R_s i_{m(lp)} = I'_m \left(\frac{L_s}{T_1} - R_s\right) e^{-\frac{t}{T_1}} \tag{7'}$$

$$\frac{di_{m\,(lp)}}{dt} + M \cdot i_{m(lp)} = Q e^{at} \tag{8'}$$

$$M = \frac{R_s}{L_m + L_s} \tag{9'}$$

$$Q = I'_m \frac{L_s - R_s T_1}{T_1 (L_m + L_s)} \tag{10'}$$

$$a = -\frac{1}{T_1}. \tag{11'}$$

Ecuația diferențială (8') are o soluție generală care este în același timp și componenta liberă a lui $i_{m(lp)}$, pe care o vom nota cu $i_{lm(lp)}$ și o soluție particulară care este totodată și componenta forțată a lui $i_{m(lp)}$ pe care o vom nota cu $i_{fm(lp)}$.

Soluția ecuației (8') este deci:

$$i_{m(lp)} = i_{lm(lp)} + i_{fm(lp)} = C_4 e^{-Mt} + C_5 e^{at} \tag{12'}$$

Pentru determinarea constantelor C_4 și C_5 procedeăm similar ca în cazul *a*) și avem succesiv:

$$(a + M) C_5 = Q \tag{13'}$$

$$C_4 + C_5 = 0 \tag{14'}$$

$$C_4 = -\frac{Q}{a + M} \tag{15'}$$

$$C_5 = \frac{Q}{a + M}. \tag{16'}$$

Așa dar, cele două componente: liberă și forțată ale curentului de magnetizare datorit componentei libere a curentului primar sînt:

$$i_{lm(lp)} = -\frac{Q}{a + M} e^{-Mt} \tag{18'}$$

$$i_{fm(lp)} = \frac{Q}{a + M} e^{at} \tag{19'}$$

sau cu înlocuirile din (9') (10') și (11')

$$i_{lm(lp)} = \frac{R_s T_1 - L_s}{R_s T_1 - L_m - L_s} I'_m e^{-\frac{R_s}{L_m + L_s} t} \tag{20'}$$

$$i_{fm(lp)} = -\frac{R_s T_1 - L_s}{R_s T_1 - L_m - L_s} I'_m e^{-\frac{t}{T_1}} \tag{21'}$$

Dacă notăm cu T_2 constanta de timp a circuitului compus din ramura de magnetizare și înfășurarea secundară,

$$T_2 = \frac{L_m + L_s}{R_s} \tag{22'}$$

atunci expresia completă a curentului de magnetizare în timpul regimului tranzitoriu de scurtcircuit este:

$$\begin{aligned} i_m = i_{m(fp)} + i_{m(lp)} &= i_{lm(fp)} + i_{fm(fp)} + i_{em(lp)} + i_{fm(lp)} = \\ &= -\frac{R_s^2 + \omega L_s (L_m + L_s)}{R_s^2 + \omega^2 (L_m + L_s)^2} I'_m e^{-\frac{t}{T_2}} + \\ &+ \frac{I'_m}{R_s^2 + \omega^2 (L_m + L_s)^2} \left\{ \left[R_s^2 + L_s \omega^2 (L_m + \right.\right. \\ &\left.\left. + L_s) \right] \cos \omega t + \omega R_s L_m \sin \omega t \right\} + \\ &+ \frac{R_s T_1 - L_s}{R_s T_1 - L_m - L_s} I'_m e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{R_s T_1 - L_s}{R_s T_1 - L_m - L_s} I'_m e^{-\frac{t}{T_1}}. \end{aligned} \tag{23}$$

3. Cazul simplificat $L_s = 0$

Rezultatele capătă o formă mai simplă dacă se neglijează inductanța înfășurării secundare a transformatorului și inductanța sarcinii racordată la această înfășurare ($L_s = L_{sec} + L_{sarc} = 0$).

Această simplificare corespunde realității în cazul protecțiilor diferențiale, la care după cum se va vedea are importanță practică prezentul studiu.

In acest caz, expresia (23) a curentului de magnetizare devine:

$$\begin{aligned} i_m = i_{m(fp)} + i_{m(lp)} &= i_{lm(fp)} + i_{fm(fp)} + i_{lm(lp)} + i_{fm(lp)} = \\ &= -\frac{R_s^2}{R_s^2 + \omega^2 L_m^2} I'_m e^{-\frac{t}{T_2}} + \\ &+ \frac{R_s I'_m}{R_s^2 + \omega^2 L_m^2} (R_s \cos \omega t + \omega L_m \sin \omega t) + \\ &+ \frac{R_s T_1}{R_s T_1 - L_m} I'_m e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{R_s T_1}{R_s T_1 - L_m} I'_m e^{-\frac{t}{T_1}} \end{aligned} \tag{24}$$

unde:

$$T_2 = \frac{L_m}{R_s}. \tag{25}$$

Introducînd notația:

$$\delta = \text{arc tg } \omega T_2 \tag{26}$$

deci:

$$\text{tg } \delta = \frac{\omega L_m}{R_s} = \omega T_2 \tag{27}$$

$$\cos \delta = \frac{R_s}{\sqrt{R_s^2 + \omega^2 L_m^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 T_2^2}} \tag{28}$$

$$\sin \delta = \frac{\omega L_m}{\sqrt{R_s^2 + \omega^2 L_m^2}} = \frac{\omega T_2}{\sqrt{1 + \omega^2 T_2^2}} \tag{29}$$

expresia (24) a curentului de magnetizare devine mai departe :

$$i_m = i_{m(fp)} + i_{m(lp)} = i_{lm(fp)} + i_{fm(fp)} + i_{lm(lp)} +$$

$$+ i_{fm(lp)} = -I'_m \cdot \cos^2\delta \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \qquad (30)$$

$$+ I'_m \cdot \cos\delta \cdot \cos(\omega t - \delta) - \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot I'_m \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} +$$

$$+ \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot I'_m \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}.$$

4. Discuție

Din analiza expresiei (30) a curentului de magnetizare i_m rezultă următoarele :

a) Termenul :

$$i_{fm(fp)} = + I'_m \cdot \cos\delta \cdot \cos(\omega t - \delta)$$

care reprezintă componenta forțată corespunzînd componentei forțate a curentului primar, este singurul termen care se menține și în regimul permanent de scurtcircuit (teoretic la $t \to \infty$) dat fiind că ceilalți termeni dispar în regim permanent.

b) Termenul :

$$i_{fm(lp)} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot I'_m \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}$$

care reprezintă componenta forțată corespunzînd componentei libere a curentului primar, este o fracțiune din acea componentă. In adevăr avem :

$$i_{fm(lp)} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} i'_{lp} \cdot \qquad (31)$$

c) Deoarece în momentul producerii scurtcircuitului fluxul nu poate varia brusc, este necesar să apară componentele libere $i_{lm(fp)}$ și $i_{lm(lp)}$ în circuitul închis compus din ramura de magnetizare și ramura secundară, componente care să compenseze în momentul inițial al scurtcircuitului componentele forțate $i_{fm(fp)}$ și $i_{fm(lp)}$ analizate mai sus. Aceste componente sînt aperiodice și ele se amortizează cu constanta de timp T_2 a circuitului închis susmenționat.

d) Termenul :

$$i_{lm(fp)} = -I'_m \cdot \cos^2\delta \cdot e^{-\frac{t}{T_2}}$$

este componenta liberă a curentului de magnetizare ce compensează la $t = 0$ componenta forțată $i_{fm(fp)}$, într-adevăr în momentul inițial aceste componente au ambele aceiași valoare dar de semne contrarii $I'_m \cdot \cos^2\delta$. Avînd în vedere că unghiul δ este apropiat de $\frac{\pi}{2}$, $\cos^2\delta \cong 0$ și de aceea componenta $i_{lm(fp)}$ este neglijabilă ca mărime față de celelalte trei și este admisibil să nu fie luată în considerare.

e) Termenul :

$$i_{lm(lp)} = -\frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot I'_m \cdot e^{-\frac{t}{T_2}}$$

reprezintă componenta liberă a curentului de magnetizare ce compensează la $t = 0$ componenta forțată $i_{fm(lp)}$; într-adevăr în momentul inițial aceste componente au valorile $I'_m \cdot \frac{T_1}{T_2 - T_1}$ și $-I'_m \cdot \frac{T_1}{T_2 - T_1}$.

f) In fig. 3 este redată curba de variație a curentului de magnetizare al unui transformator de curent în timpul regimului tranzitoriu de scurtcircuit, cum și variația componetelor sale

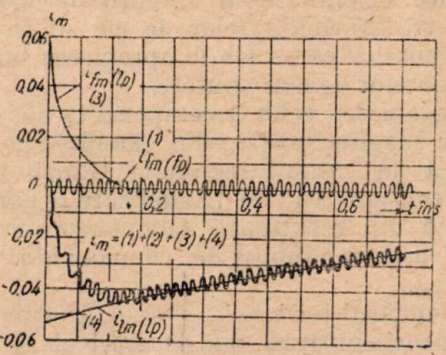


Fig. 3

(componenta $i_{lm(fp)}$ nu este reprezentată fiind neînsemnată ca mărime).

In exemplul din fig. 3 s-a ales $I_m = 1$; $T_1 = 0{,}05$ s ; $T_2 = 1$ s.

g) Atît componenta forțată i'_{fp} (periodică) cît și cea liberă (aperiodică) i'_{lp} ale curentului primar se ramifică în ramurile de magnetizare și secundară ale transformatorului de curent dînd în ramura de magnetizare componentele forțate $i_{fm(fp)}$ și $i_{fm(lp)}$ ale curentului de magnetizare.

Amplitudinile componentelor periodice $i_{fm(fp)}$ și i'_{fp} stau în raportul

$$k_p = \cos\delta = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 T_2^2}} \qquad (32)$$

iar componentele aperiodice $i_{fm(lp)}$ și i'_{lp} stau în raportul :

$$k_{ap} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} \cdot \qquad (33)$$

Pentru valorile alese mai sus ale constantelor circuitului avem :

$$k_p = \frac{1}{\sqrt{1 + 314^2 \cdot 1^2}} \cong \frac{1}{314} \cong \frac{3}{1000} = 0{,}003 \qquad (32')$$

$$k_{ap} = \frac{0{,}05}{1 - 0{,}05} = \frac{0{,}05}{0{,}95} \cong 0{,}05 \qquad (33')$$

De aci se vede că în timp ce componenta periodică i'_{fp} a curentului primar se transformă defectuos în ramura de magnetizare, acest curent

transformîndu-se aproape integral în ramura secundară a transformatorului de curent (aşa cum şi este de dorit pentru ca transformatorul să aibă erori cît mai mici), componenta aperiodică i_{lp} a curentului primar se transformă mult mai accentuat în ramura de magnetizare (de $\frac{0,05}{0,003} = 16$ ori mai pronunţat decît componenta periodică).

Acest fenomen este cu atît mai simţit cu cît constanta de timp T_1 este mai mare. In sistemele electrice această constantă are valori maxime pentru generatorii de mare putere ajungînd la 0,25—0,35 s. Valoarea medie a lui T_1 este de 0,01—0,1 s. Din acest motiv apar componente aperiodice însemnate în curenţii de magnetizare ai transformatoarelor de curent în cazul scurtcircuitelor ce au loc în apropierea bornelor generatoarelor de mare putere.

h) Din analiza celor 4 componente ale curentului de magnetizare i_m din examinarea fig. 3 reiese că în timpul regimului tranzitoriu de scurtcircuit curentul de magnetizare se compune în esenţă din rezultanta componentelor $i_{lm(lp)}$ şi $i_{fm(lp)}$, uşor modulată de componenta periodică $i_{fp(fm)}$.

In momentul initial, $i_{lm(lp)}$ şi $i_{fm(lp)}$ sînt egale şi de sensuri contrarii, dar deoarece ele se amortizează cu constante de timp diferite, după trecerea unui timp oarecare, de ordinul cîtorva perioade, componenta $i_{fm(lp)}$ care are constanta de timp ($T_1 < T_2$) se amortizează, rămînînd preponderentă componenta $i_{lm(lp)}$, care face curentul de magnetizare să crească la valori ce se ridică la multiplii însemnaţi ai curentului de magnetizare în regim permanent de scurtcircuit (componenta $i_{fm(fp)}$).

i) In cazul transformatorilor de curent de putere mai mare la care, constanta de timp T_2 are valori mai ridicate, componenta $i_{lm(lp)}$ se amortizează mai încet, şi de aceia valoarea maximă a curentului de magnetizare i_m este obţinută mai tîrziu.

j) In concluzie, reiese că în timpul regimului tranzitoriu de scurtcircuit la cîteva perioade după momentul producerii scurtcircuitului apare o creştere importantă a curentului de magnetizare al transformatorului. Acest lucru prezintă o deosebită importanţă în cazul protecţiilor diferenţiale, la care curenţii de desechilibru de scurtă durată ce pot provoca o funcţionare intempestiv neselectivă în cazul scurtcircuitelor exterioare domeniului de protejat, îşi au origina tocmai în diferenţa curenţilor de magnetizare ai transformatoarelor de curent ce delimitează porţiunile de circuit ce trebuie protejate.

Spre a remedia această situaţie defavorabilă în care sînt puse să lucreze protecţiile diferenţiale se recurgea în trecut la o mică temporizare a funcţionării protecţiei (circa 0,5 s). Astăzi se preferă utilizarea de transformatoare de curent intermediare cu miez saturat.

Trebuie subliniat că în studiul expus în cele de mai sus nu s-a ţinut cont de saturaţia circuitului magnetic al transformatorului şi nici de magnetismul remanent al acestuia.

Bibliografie:

[1] *Antoniu I. S.*: Chestiuni speciale de electrotehnică; Ed. Instit. Politehnic. 1952.

[2] *Fedoseev A M.*: Releinaia zaşcita electriceschih sistem, Gosenergoizdat, 1952.

★

ДЕИСТВИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА ПРИ ПЕРЕХОДНОМ РЕЖИМЕ К. З.

Резюме

Автор описывает действие трансформаторов тока при переходном режиме к. з. при котором производится переход от предыдущего постоянного режима к постоянному режиму к. з. и настаивается на промежуточных трансформаторах тока с насыщенным сердечником.

Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice

Ing. B. BRODFELD şi *ing. M. WEISSMANN*

In articol se tratează problema galeriilor forţate blindate atît din punct de vedere teoretic cît şi în ceea ce priveşte modul de execuţie. In prima parte se deduce o formulă pentru dimensionarea grosimii căptuşelii de tolă, iar în partea doua se expune o serie de date asupra unor lucrări de acest gen executate în ultimul timp în diferite ţări. Se analizează deasemenea condiţiile în care o galerie forţată blindată poate înlocui în mod economic o conductă forţată aeriană.

Una dintre problemele care se pun astăzi la o serie de amenajări hidroelectrice din ţara noastră este stabilirea condiţiilor în care apare ca indicată înlocuirea unei conducte forţate aeriene cu o galerie forţată blindată. Ţinînd seama de importanţa acestei probleme, considerăm necesar să analizăm diferitele ei aspecte şi să încercăm să tragem o serie de concluzii pornind atît de la elementele teoretice ale problemei cît şi de la unele rezultate ale lucrărilor de acest gen executate şi de care am luat cunoştinţă.

In mod general, înlocuirea eventuală a unei conducte forţate aeriene printr-o galerie forţată trebuie luată în consideraţie atunci cînd este îndeplinită una dintre următoarele condiţii:

1. Existenţa unor condiţii topografice şi geologice nefavorabile pentru amplasarea conductei forţate aeriene, dar prezenţa în adîncime a unei roci dure şi rezistente, favorabilă pentru realizarea unei galerii forţate.

2. Posibilitatea de a înlocui două fire de conductă aeriană printr-o singură galerie, ţinînd seama că diametrele conductelor sînt limitate de posibilităţile de realizare a unei tole de o anumită grosime sau ale fretajelor corespunzătoare în timp ce diametrele galeriilor forţate în roce foarte rezistente sînt practic nelimitate.

Acest element are o importanţă deosebită ţinînd seama de tendinţa spre un fir unic de conductă forţată care se manifestă actualmente în economia marilor amenajări hidroelectrice.

3. Adoptarea în cadrul schemei generale a amenajării hidroelectrice a unei soluţii cu centrala subterană.

4. Considerente de securitate a lucrării.

Cu excepţia cazurilor cînd una din condiţiile de mai sus impune în mod categoric adoptarea soluţiei galeriei forţate, este în general important ca o serie de alte considerente să fie examinate, astfel încît calculele economice să poată reflecta realitatea într-un mod cît mai corect. Vom analiza întîi modul de calcul al galeriilor forţate.

I. Calculul static al galeriilor forţate blindate

Ipotezele ce stau la baza calculului sînt următoarele:

1. Se admite că toate eforturile din tolă, din căptuşala de beton şi din roca înconjurătoare rămîn în domeniul elastic.

2. Se admite un contact deplin între tolă şi beton pe de o parte şi între beton şi rocă pe de altă parte. Se consideră că orice eventuale goluri sau zone slabe au fost înlăturate prin măsuri constructive potrivite.

3. Se neglijează împingerea exterioară a rocei asupra galeriei.

Pot fi luate teoretic în consideraţie două cazuri distincte după cum căptuşala de beton este sau nu fisurată. Trebuie însă observat că în mod practic nu se întîlneşte cazul cînd betonul nu a fisurat pentru presiunile obişnuite la care se folosesc galeriile forţate blindate şi anume peste 15 at. Intr-adevăr, ţinînd seama de rezistenţele la fisurare foarte reduse ale betonului şi chiar ale betonului armat, rezultă că tola nu s-ar putea încărca decît cu o foarte mică cotă parte din presiunea totală, astfel încît ar rezulta grosimi practic inacceptabile pentru căptuşala de beton. Vom considera de aceea numai cazul cînd căptuşala de beton este fisurată.

Ţinînd seama de fisurarea căptuşelii de beton, ea nu va putea prelua nici o parte din presiunea

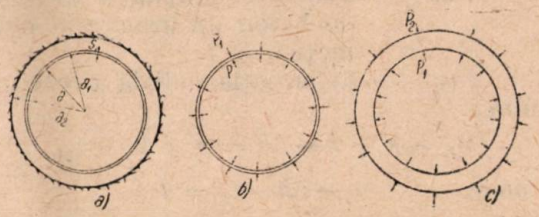


Fig. 1. Dimensiunile caracteristice şi ipotezele de încărcare ale unei galerii forţate blindate.

totală şi va juca numai rolul unui mediu de transmitere a presiunilor la roca înconjurătoare. Influenţa betonului asupra modului de încărcare al căptuşelii de tolă se va manifesta însă prin deformaţia sa radială care este diferită în funcţie de proprietăţile sale elastice.

Pornind de la caracteristicile elastice ale celor trei medii în prezenţă (tolă, beton, rocă) vom deduce mai jos o formulă de dimensionare directă a grosimii căptuşelii de tolă.

Se fac următoarele notaţii:

E_t — modulul de elasticitate al tolei;
E_b — modulul de elasticitate al betonului;
K — coeficientul de rezistenţă elastică a rocei corespunzător diametrului escavaţiei.

Ipotezele de calcul nu iau în consideraţie rezistenţele tangenţiale nici la contactul dintre tolă şi beton nici la contactul dintre beton şi rocă. Roca nefiind un mediu perfect izotrop, apar însă în realitate unele eforturi tangenţiale. Pentru dimensionare sînt mai importante cele care apar la contactul dintre căptuşala de tolă şi cea de beton datorită imperfecţiunilor aderenţei dintre ele. Mărimea acestor eforturi este condiţionată de frecarea dintre oţel şi beton însă ţinînd seama că această frecare este mult

micşorată prin măsuri constructive constînd din vopsirea exterioară cu bitum a virolelor, se admite că mărimea absolută a eforturilor tangenţiale rămîne redusă şi apare ca justificată luarea în consideraţie numai a eforturilor de compresiune radială la suprafaţa de contact. Vom nota cu p presiunea interioară de calcul cunoscută şi respectiv cu p_1 şi p_2 presiunile necunoscute la contactul dintre tolă şi beton şi dintre beton şi rocă.

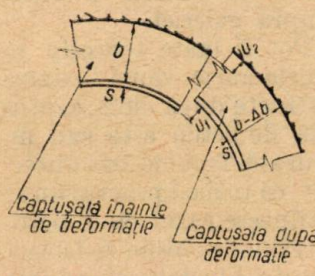


Fig. 2. Deformaţiile tolei, betonului şi rocei.

Pentru determinarea presiunilor p_1 şi p_2 vor fi necesare două ecuaţii de deformaţii. Din fig. 2 rezultă o primă relaţie geometrică între deformaţiile celor trei medii în prezenţă.

Notînd :

u_1 — deformaţia radială a căptuşelii de tolă,

Δb — scurtarea radială a căptuşelii de beton ca urmare a deformaţiei,

u_2 — deformaţia radială a rocei,

rezultă :

$$u_1 + s + b - \Delta b = s + b + u_2,$$

de unde $$u_1 - \Delta b - u_2 = 0 \qquad (1)$$

Vom calcula mai jos valorile deformaţiilor ce intervin în această relaţie :

a) *Deformaţia radială a tolei.* Conform legii lui Hooke, avem $\frac{\sigma}{E_t} = \frac{2\pi(a+u_1) - 2\pi a}{2\pi a}$,

de unde $u_1 = \frac{a\sigma}{E_t}$.

Aplicînd formula cazanelor, rezultă $\sigma = \frac{(p - p_1)a}{s}$

şi înlocuind :

$$u_1 = \frac{(p - p_1)a^2}{s E_t} \qquad (2)$$

b) *Deformaţia radială a betonului.* Vom considera în căptuşala de beton un inel limitat prin două plane normale pe axa galeriei iar în acest inel un element infinitesimal *mnpq* limitat prin două raze şi două cercuri

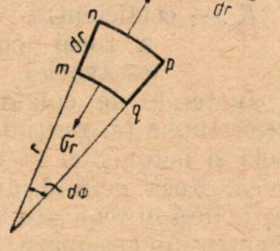


Fig. 3. Solicitările unui element infinitesimal din căptuşala de beton.

Din motive de simetrie eforturile tangenţiale vor lipsi, iar datorită ipotezei că betonul este fisurat nu vor exista tensiuni normale pe feţele *mn* şi *pq*. Elementul *mnpq* va fi astfel solicitat numai de eforturile radiale unitare σ_r pe faţa *mn* şi $\sigma_r + \frac{d\sigma_r}{d_r} d_r$ pe faţa *qn*. Din condiţia de echilibru se obţine, după reduceri şi neglijarea infiniţilor mici de ordin superior, ecuaţia diferenţială $\sigma_r d_r + r d\sigma_r = 0$.

Prin integrare rezultă $\sigma_r = \frac{c}{r}$ unde c este o constantă arbitrară — care se determină prin condiţia ca la fibra interioară să avem $\sigma_r = p_1$. Se obţine astfel :

$$c = a_1 p_1 \ (3) \quad \text{şi} \quad \sigma_r = \frac{a_1 p_1}{r}. \qquad (4)$$

In mod analog, pentru fibra exterioară se obţine

$$\sigma_r = p_2 = \frac{a_1 p_1}{a_2}. \qquad (5)$$

Dacă se notează cu du_r scurtarea radială a elementului *pq* de lungime *dr*, atunci conform legii lui Hooke, rezultă :

$$\varepsilon_r = \frac{du_r}{d_r} = \frac{\sigma_r}{E_b}$$

şi ţinînd seama de (4) :

$$du_r = \frac{a_1 p_1}{E_b} \cdot \frac{dr}{r}.$$

Scurtarea radială a căptuşelii de beton va fi deci :

$$\Delta_b = \int_{a_1}^{a_2} \frac{a_1 p_1}{E_b} \cdot \frac{dr}{r} = \frac{a_1 p_1}{E_b} \log \frac{a_2}{a_1}. \qquad (6)$$

c) *Deformaţia radială a rocii.* Aşa cum am arătat, caracteristica elastică a rocei este coeficientul de rezistenţă elastică K. Pentru roca supusă la presiunea radială p_2, vom avea deci $u_2 = \frac{p_2}{K}$.

Ţinînd seama de (5), rezultă :

$$u_2 = \frac{a_1 p_1}{a_2 K}. \qquad (7)$$

Valorile deformaţiilor radiale ale tolei, betonului şi rocei se introduc în relaţia (1), obţinîndu-se :

$$\frac{(p - p_1)a^2}{s E_t} - \frac{a_1 p_1}{E_b} \log \frac{a_2}{a_1} - \frac{a_1 p_1}{a_2 k} = 0. \qquad (8)$$

Ţinînd seama că grosimea tolei este neglijabilă în raport cu cea a căptuşelii de beton vom pune $a \simeq a_1$ şi rezolvînd ecuaţia în raport cu presiunea necunoscută p_1, vom obţine :

$$p_1 = p \frac{a}{a + \frac{s E_t}{E_b} \log \frac{a_2}{a_1} + \frac{s E_t}{a_2 k}}. \qquad (9)$$

Cunoscînd presiunea p_1, dimensionarea grosimii tolei se poate face imediat cu ajutorul formulei clasice a cazanelor, obţinîndu-se

$$s = \frac{a}{\sigma_{ad}} \frac{p\left(n a_2 k \log \frac{a_2}{a} + E_t\right) - a_2 k \sigma_{ad}}{n a_2 k \log \frac{a_2}{a} + E_t} \qquad (10)$$

unde $n = \frac{E_t}{E_b}$ şi toate lungimile se exprimă în centimetri, iar σ_{ad} reprezintă rezistenţa admisibilă a tolei.

Formula (10) stabilită mai sus poate servi la determinarea grosimii tolei în orice secţiune în funcţie de presiunea p şi de caracteristica K a rocei. In fig. 4 se prezintă un grafic de dimensionare pentru un exemplu concret.

Este interesant de comparat formula (10) cu formulele de dimensionare ale galeriilor forţate ale lui Feodorov cuprinse în „Normele şi condiţiunile tehnice ale Glavghidroenergostroi TU 24—102—40" din 1941. Considerînd şi în acest caz formula corespunzătoare ipotezei fisurării betonului şi admiţînd neglijabilă grosimea tolei în raport cu cea a căptuşelii de beton, formula Feodorov rezultă sub o formă similară, admiţîndu-se aceleaşi notaţii:

$$s = \frac{a}{\sigma_{ad}} \frac{pE_t - a_2 k \sigma_{ad}}{E_t}. \qquad (11)$$

Din comparaţia celor două formule se vede imediat că în formula Feodorov nu apar caracteristicile elastice ale betonului, ceea ce echivalează cu presupunerea că se consideră tola în contact direct cu roca. Intr-adevăr dacă se consideră $a_2 = a$, formula (10) se reduce imediat la formula (11).

Pentru exemplul de calcul de mai jos, s-au determinat diferenţele între rezultatele celor două formule, stabilindu-se că pentru roci foarte rezistente ($K > 1\,000$) rezultatele pe care le dau sînt identice. Pentru roci mai slabe apar unele diferenţe care sînt şi funcţie de mărimea presiunii. Pentru aceste roci, formula (10) conduce la grosimi de tolă în medie mai mici cu 12% decît cele obţinute prin aplicarea formulei (11). Acest lucru se explică prin faptul că la galerii executate în roci foarte rezistente proprietăţile elastice ale betonului sînt foarte apropiate de cele ale rocei, astfel încît luarea în consideraţie a deformaţiilor căptuşelii de beton nu modifică rezultatele formulei Feodorov în care aceste deformaţii nu sînt luate în consideraţie. La roce mai slabe luarea în consideraţie a betonului are însă un efect favorabil şi conduce la micşorarea deformaţiilor adică la o încărcare mai redusă a tolei.

In afară de aplicarea formulei (10) trebuie ţinut seama şi de un alt considerent important la dimensionarea grosimii tolei. Astfel, cea mai mare parte a autorilor consultaţi admit că în afară de dimensionarea tolei în care se ţine seama de conlucrarea cu căptuşala de beton şi cu roca, trebuie să se facă şi o verificare a căptuşelii de tolă considerînd că ar lucra în mod independent sub acţiunea presiunii totale însă cu o rezistenţă egală cu limita elastică. Această ipoteză apare ca raţională dacă se admite posibilitatea că printr-o execuţie defectuoasă ar rămîne un gol în căptuşala de beton astfel încît tola ar fi într-adevăr solicitată la presiunea totală. Am considerat de aceea justificat să introducem în dimensionare un al doilea criteriu în afara formulei (10) şi anume relaţia

$$s \geqslant \frac{pa}{\sigma_e} \qquad (12)$$

în care σ_e este limita elastică a tolei.

In exemplul de calcul care urmează se arată o diagramă pentru dimensionarea tolei ţinînd seama de aplicarea celor două criterii cuprinse în formulele (10) şi (12).

Exemplu de calcul. S-a considerat o galerie forţată cu următoarele dimensiuni: $a = 100$ cm, $a_2 = 150$ cm, admiţîndu-se următoarele caracteristici elastice: $E_t = 2\,100\,000$ kg/cm², $E_b = 160\,000$ kg/cm², $n = \frac{E_t}{E_b} = 13$. Rezistenţele de calcul în tolă s-au luat $\sigma_{ad} = 1\,200$ kg/cm², $\sigma_e = 2\,850$ kg/cm².

Dimensionarea pentru diferite presiuni şi caracteristici elastice ale rocei se poate face imediat cu ajutorul diagramei din fig. 4.

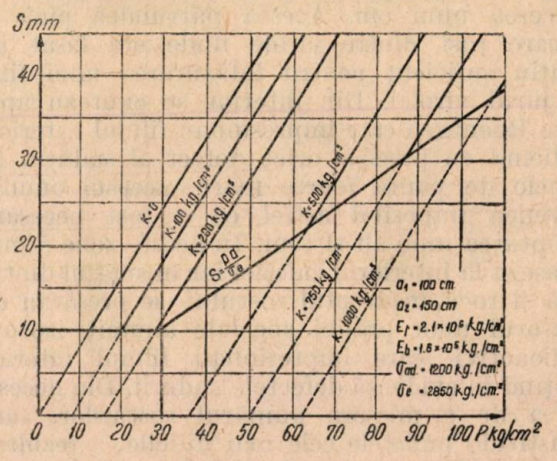


Fig. 4. Exemplu de calcul. Diagramă de dimensionarea grosimii tolei pentru diferite presiuni interioare în funcţie de coeficientul de rezistenţă elastică a rocei.

Precizăm că s-a admis o grosime minimă a tolei $s = 10$ mm.

Pentru o anumită presiune p luată în abscisă se găsesc în ordonată două valori pentru grosimea tolei s, după cum ne oprim pe dreptele corespunzătoare formulei (10) sau pe dreapta corespunzătoare formulei (12). Se adoptă valoarea cea mai mare. Astfel, de exemplu, pentru o galerie cu $K = 200$ kg/cm³ şi pentru o presiune interioară $p = 40$ kg/cm² găsim $s = 20$ mm, adică dimensionarea se face după formula (10). In schimb pentru $K = 500$ kg/cm³ şi presiunea $p = 40$ kg/cm² găsim $s = 14$ mm, adică dimensionarea se face după formula (12).

II. Execuţia galeriilor forţate

Galeriile forţate pun probleme grele la execuţie atît în ceea ce priveşte montajul virolelor de tolă cît şi în ceea ce priveşte punerea în operă a betonului dintre tolă şi rocă. Dificultatea

lucrărilor constă atît în faptul că pantele galeriilor sînt în general foarte mari cît și în faptul că asigurarea unei perfecte legături între tolă și beton și între beton și rocă este o condiție indispensabilă care cere o atenție deosebită în timpul execuției.

Din practica lucrărilor executate a rezultat că cele mai mari dificultăți s-au întîmpinat la montarea și sudarea virolelor de tolă. O supraveghere foarte atentă este necesară pentru a se evita ca sudura să se facă înainte de verificarea unei perfecte centrări a virolelor una față de cealaltă. Orice eroare de centrare are consecințe foarte nefavorabile asupra rezistenței cordonului de sudură, care rezultă în acest fel de secțiune inegală. In general, o atenție deosebită trebuie dată controlului calităților sudurii. Ținînd seama că verificarea directă prin punerea sub presiune nu se poate face decît în condiții grele, s-a considerat necesară la unele lucrări verificarea sudurii prin raze Roentgen. In acest scop s-a prevăzut la partea superioară a galeriei un gol longitudinal care permitea trecerea unui om. Acesta pătrundea pînă la fiecare rost dintre virole unde era lăsat un spațiu suficient pentru înfășurarea unui film în jurul virolei. Din interior se emiteau apoi raze Roentgen care impresionau filmul exterior, indicînd cu precizie orice defect al sudurii. In zonele de pantă foarte mare, accesul omului devenea imposibil astfel că a fost necesară adoptarea unui alt sistem. In aceste zone filmul se așeza la interiorul galeriei iar în spațiul dintre tolă și rocă, în dreptul rostului se presărau cu ajutorul unor prăjini speciale anumiți izotopi radioactivi care impresionau filmul interior scoțînd în evidență defectele sudurii. Din necesitatea de a micșora numărul rosturilor, care constituie punctele cele mai dificile, a rezultat tendința de a mări pe cît posibil lungimea virolelor de tolă. Dificultățile de montaj au limitat însă la toate lucrările această lungime la 10 m.

Grosimea tolei constituie un factor care are o influență importantă asupra modului de execuție în general. Ținînd seama de faptul că montajul este cu atît mai ușor cu cît grosimea tolei este mai mică a existat o tendință de a reduce această grosime la minimum prin folosirea unor oțeluri speciale cu limita de curgere de 5 000—6 000 kg/cm² sau a virolelor autofretate cu fretaj flexibil din cablu cu înfășurare helicoidală. Acestei tendințe i se opun însă o serie de considerente de ordin economic. Astfel, trebuie precizat că o problemă importantă care trebuie întotdeauna examinată este cea a comportării galeriei forțate la presiunea apei de infiltrație din exterior atunci cînd galeria se golește. S-au constatat cazuri cînd tola a fost deteriorată prin desprindere de căptușala de beton și voalare sub acțiunea acestei presiuni. Ținînd seama că pericolul de voalare scade proporțional cu puterea a patra a grosimii tolei rezultă că un spor de grosime are o importanță foarte mare în ceea ce privește rigiditatea căptușelii de tolă. Unii constructori recomandă o grosime minimă de 12 mm. Pe de altă parte, practica constructivă a arătat că orice alte procedee de rigidizare a tolei prin inele exterioare sau ancoraje speciale au marele inconvenient de a face dificilă betonarea în spațiul dintre tolă și rocă, creind pericolul de formare a unor pungi de aer și împiedicînd vibrarea. In aceste condițiuni unii constructori recomandă folosirea oțelurilor cu rezistențe de curgere de 3500 kg/cm², care pot justifica în mod economic grosimi mai mari de tolă. Considerăm însă că această tendință nu este justificată decît pentru galerii forțate executate în roci foarte rezistente în care grosimile tolei rezultate prin dimensionarea la presiunea interioară sînt mici. In roce normale apare mult mai justificată tendința de a folosi oțeluri superioare.

Fig. 5. Montajul unei virole în escavația galeriei forțate

In ceea ce privește căptușala de beton, ipotezele de calcul au scos în evidență că ea nu are decît rolul de a transmite presiunile la rocă. In aceste condițiuni apare deci ca rațională adoptarea unei căptușeli de grosime cît mai redusă. La unele lucrări s-au prevăzut grosimi de 15—20 cm. Totuși, mărirea grosimii căptușelii este uneori prescrisă chiar de condițiile tehnice de execuție. Astfel, pentru grosimi de tolă mai mari de 15 mm se recomandă execuția sudurii pe ambele părți, fiind necesar să se prevadă între tolă și rocă un spațiu suficient pentru această operațiune.

Punerea în operă a betonului este deasemenea o operație foarte importantă pentru realizarea în bune condițiuni a galeriei forțate.

Fig. 6. Betonarea în spațiul dintre tolă și rocă. Se remarcă faptul că în acest caz punerea în operă a betonului și vibrarea se pot face în mod direct în acest spațiu, care are o lărgime suficientă.

In zonele în care galeria are o pantă mare se folosesc conducte în care betonul se scurge sub acțiunea gravității. In zonele de pantă mai mică se folosește în general pompajul printr-o conductă care trece fie deasupra căptușelii de tolă, fie chiar în interiorul galeriei. Trebuie subliniat că datorită condițiunilor de punere în operă a betonului sînt necesare studii atente de granulometrie și compoziție a betonului pentru a se evita segregarea sa. Pe de altă parte, deși căptușala de beton nu are un rol de rezistență, așa cum s-a arătat, este recomandabil ca betonul să fie de o marcă superioară și să aibă calități de etanșeitate pentru a micșora pericolul de punere a tolei sub presiunea apei din exterior. Pentru vibrarea betonului se folosesc vibratoare speciale din interior la galeriile cu o grosime mică de căptușală, iar la galeriile la care spațiul între tolă și rocă este suficient, se folosesc vibratoare obișnuite introduse în acest spațiu.

Pentru a se înlătura orice posibilitate ca în spatele tolei să rămînă unele goluri în beton se execută injecții cu lapte de ciment. Practica a arătat însă că presiuni prea mari de injectare pot duce la desprinderea tolei de beton astfel că presiunea se limitează în general la 6 atmosfere. O altă serie de injecții se execută între căptușala de beton și rocă. La unele lucrări injecțiile s-au folosit și pentru crearea unui ecran transversal galeriei forțate avînd rolul de a opri apele infiltrate ce s-ar putea scurge în lungul galeriei și ar putea pune sub presiune căptușala de tolă la golirea apei din interior. In acelaș scop se iau uneori și alte măsuri constructive ca: drenarea căptușelii de beton și amenajarea specială a ferestrelor de atac pentru a asigura scurgerea prin ele a apelor drenate. În ceea ce privește drenarea căptușelii propriu zise este necesar ca realizarea constructivă să se facă cu atenție ținînd seama de posibilitatea apariției unor eforturi suplimentare în tolă datorită influenței golului de drenaj asupra deformației căptușelii de beton.

După terminarea lucrărilor de betonare și injecție este recomandabil să se execute o punere sub presiune de probă a galeriei forțate, verificîndu-se atît deformațiile în diferite secțiuni cît și eventualele pierderi de apă. Trebuie însă subliniat că orice defecțiuni descoperite în această fază finală de execuție cer lucrări foarte dificile și costisitoare pentru a putea fi remediate. Acest lucru nu face decît să scoată în evidență faptul că, mai mult decît la numeroase alte lucrări hidrotehnice, galeriile forțate pretind o execuție deosebit de îngrijită și conștiincioasă.

Inainte de punerea în exploatare este necesar să se execute tratarea superficială a tolei pentru protecția contra ruginei. Pentru a asigura o bună prindere de tolă a straturilor de protecție

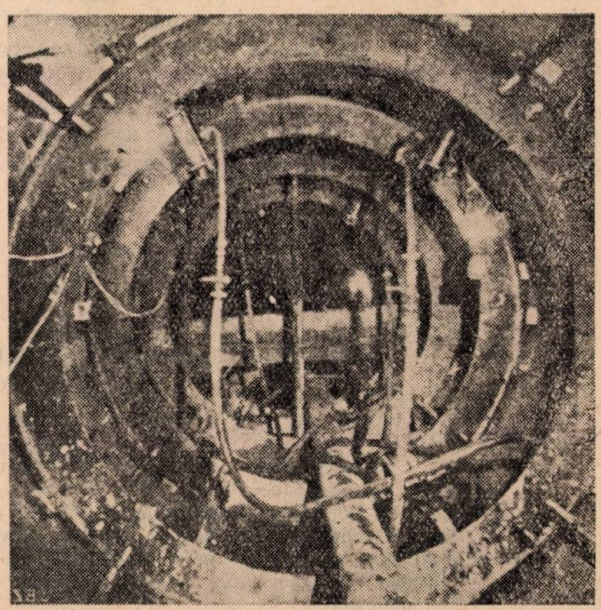


Fig. 7. Betonarea prin pompaj. Se remarcă în acest caz conducta de betonare care trece prin interiorul galeriei, rigidizările interioare provizorii ale blindajului metalic și vibratoarele speciale care acționează prin tolă.

este necesară uscarea prealabilă a tolei. Această operațiune se realizează atît printr-o sablare energică cît și prin suflare de aer cald. Urmează imediat după aceea stropirea suprafeței cu zinc și vopsirea în mai multe straturi cu bitum

sau unele substanțe speciale. Este necesară o foarte bună organizare a lucrărilor pentru a asigura posibilitatea de vopsire a suprafeței imediat după uscare. In mod practic, s-au folosit la unele lucrări două cărucioare speciale cu roți cauciucate de pe care se executau în mod consecutiv cele două operațiuni. Depe primul cărucior se execută suflarea nisipului și a aerului cald iar depe cel de al doilea se execută vopsirea suprafeței. Este evident că datorită pantei pronunțate a galeriei chiar și această operațiune pune probleme foarte dificile.

Concluzii

1. Galeriile forțate blindate apar ca o soluție tehnică avantajoasă numai pentru roci foarte rezistente caracterizate prin coeficientul de rezistență elastică $K > 500$ kg/cm^3. La galerii executate în aceste roci se pot realiza economii sensibile de oțel față de o conductă forțată aeriană. La roci mai puțin rezistente grosimile căptușelii de tolă ajung apreciabile și conduc la serioase dificultăți constructive. In astfel de situații geologice defavorabile s-au adoptat uneori soluții cu conducta forțată independentă amplasată în interiorul unei galerii care are rolul de a prelua presiunile exterioare. Aceste soluții s-au folosit în special în cazul centralelor subterane.

2. Un element de importanță deosebită îl constituie și uniformitatea structurii geologice pe traseul galeriei forțate blindate. Ținînd seama de faptul că în mod practic virolele se uzinează înainte de deschiderea escavației, trebuie să fie complet exclusă posibilitatea ca pe măsura escavării galeriei să se întîlnească intercalații neregulate de roci mai puțin rezistente. O astfel de situație poate avea drept consecință pentru aceste porțiuni imposibilitatea de utilizare a virolelor uzinate deoarece din modul de calcul rezultă în mod evident că surplusul de încărcare nu poate fi preluat de beton. Uniformitatea geologică constituie astfel o condiție tot atît de esențială pentru adoptarea soluției ca și calitățile superioare de rezistență ale rocei.

3. Montarea virolelor, turnarea căptușelii de beton și execuția injecțiilor sînt lucrări de răspundere care cer o deosebită conștiinciozitate în execuție. Posibilitatea de a asigura o manoperă de calificare specială constituie deci un criteriu pentru adoptarea unei soluții de galerie forțată.

In lumina celor de mai sus se impune aprecierea că înlocuirea unei conducte forțate aeriene cu o galerie forțată trebuie admisă numai atunci cînd considerente topografice sau geologice elimină soluția aeriană sau cînd calcule economice foarte detaliate indică că soluția este avantajoasă.

Bibliografie

[1] ***: Norme și condițiuni tehnice ale Glavghidroenergostroi TU 24—102—40.
[2] *Morozov A. A.*: Utilizarea energiei apelor.
[3] *Grișin M. M.*: Construcții hidrotehnice.
[4] *Filonenko-Borodici* — Rezistența materialelor.
[5] *Kastner H.*: Asupra teoriei unei galerii forțate blindate — Wasser — und Energiewirtschaft, nr. 8—9/1949.
[6] *Ferrand G.*: Tendințe noi Houille Blanche, nr. 3/1949.
[7] *Rachail A.*: Căderea Peage de Vizille, Travaux, nr. 1/1951.
[8] *Juillard H.*: Construcția uzinelor hidroelectrice în Oberhasli, Schweizerische Bauzeitung nr. 36/1952.
[9] *Talobre J.*: Stadiul actual al tehnicii la conductele forțate subterane, Houille Blanche, nr. B/1952.
[10] *Bächtold J.*: Experiențe la construcția centralei Handech II, Schweizerische Bauzeitung, nr. 41/1952.
[11] *Zschokke C.*: Puțul sub presiune al centralei de la Gondo, Schweizerische Bauzeitung nr. 52/1952.
[12] Fig. 5, 6, 7 sînt reproduse după Schweizerische Bauzeitung nr. 41 și 52/1952.

★

БРОНИРОВАННЫЕ НАПОРНЫЕ ГАЛЕРЕИ В ГИДРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ

Резюме

В статье изложен вопрос бронированных напорных галерей как с теоретической точки зрения так и относительно способа исполнения.

В первой части выводится формула для расчета толщины обшивочных листов, а во второй части излагается ряд данных касающихся некоторых работ такого рода, выполненных последнее время в различных странах. Так же, производится анализ условий в которых бронированная напорная галерея может экономно заменить наружний напорный трубопровод.

Dimensionarea instalaţiilor de aerare la stăvilare

Dr. ing. PAUL WISNER

Se face o scurtă prezentare critică a rezultatelor obţinute pînă în prezent în cercetarea antrenării aerului de către o lamă deversantă peste o stavilă plană. Se propune caracterizarea instalaţiei de aerare prin diametrul „ajutajului ideal echivalent" parametru care permite compararea şi introducerea într-o relaţie generală a rezultatelor experimentale obţinute pe model şi în natură cu conducte de aerare de mărime şi formă deosebită. Cu ajutorul acestor parametrii se ajunge la noua formă a funcţiunii de antrenare, dedusă pe baza analizei dimensionale.

I. Aerarea lamei deversante peste stavilele uvrajelor hidrotehnice se face prin conducte special amenajate în corpul pilelor. Datorită capacităţii limitate a acestor conducte, sub lama deversantă va exista totdeauna o anumită subpresiune, ceea ce are drept consecinţă :

a) mărirea coeficientului de debit ;

b) suprasolicitarea stavilei ;

Proiectantul uvrajului este interesat în special în cel de al doilea efect, întrucît mărirea coeficientului de debit în scurgerea peste stavilă, nu aduce cu sine o scurtare a lungimii stăvilarului, (cazul de exploatare pentru care aceasta se determină fiind cel în care stavilele sînt fie culcate, fie complet ridicate). Pentru a evita supradimensionarea stavilei şi vibraţiile care însoţesc deprimarea lamei deversante, subpresiunea de sub lama deversantă trebuie limitată la o valoare cît mai mică.

Scopul prezentei note este de a prezenta pe scurt rezultatele obţinute pînă în prezent în cercetarea acestei probleme şi de a propune o nouă formă a funcţiunii de antrenare, dedusă pe baza analizei dimensionale.

II. Diferiţi cercetători care au studiat această problemă, deosebesc două cazuri distincte şi anume :

a) Lama deversantă cade liber în bieful aval (fig. 1 *a*). In acest caz, datorită vîrtejului care se formează între lamă şi peretele deversorului o parte din aerul antrenat poate recircula.

b) Recirculaţia nu mai este posibilă, intersecţia între lama deversantă şi parametrul deversorului pe a cărei creastă este instalat stăvilarul, făcîndu-se deasupra nivelului din bieful aval (fig. 1, *b*).

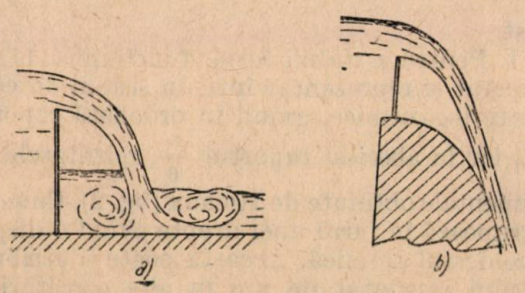


Fig. 1

Pentru ambele cazuri *menţinînd aceiaşi conductă de aerare* şi aceleaşi condiţii aval se poate stabili experimental o relaţie între debitul de aer q şi debitul de apă Q

$$q = K\,Q^{m} \qquad (1)$$

Aceasta l-a făcut pe Johnson care a făcut în laborator primele experienţe de acest fel să propună formulele :

$$q = 0{,}025\ Q^{2{,}1} \text{ pentru } H < 0{,}12 \text{ m} \qquad (2)$$

$$q = 0{,}131\ Q^{2{,}1} \text{ pentru } H > 0{,}12 \text{ m} \qquad (2')$$

unde H este înălţimea lamei deversante nedeprimate.

Pe baza unei noi serii de experienţe Hickox stabileşte o nouă relaţie pentru funcţiunea de antrenare. El introduce pe lîngă debitul de aer q şi debitul de apă Q (exprimat prin înălţimea lamei deversante deprimate H_0) şi subpresiunea de sub lama deversantă h în coloană de apă şi acceleraţia gravităţii g.

Relaţia lui Hickox este de forma

$$\alpha = 0{,}166\,\beta^{0.45} \qquad (3)$$

în care α şi β sînt parametri fără dimensiuni de forma

$$\alpha = \frac{q^{0.5}}{g^{0.25}\,h^{0.25}\,H_0} \qquad \beta = \frac{q^{0.5}}{g^{0.25}\cdot h^{0.25}}. \qquad (4)$$

Experienţele lui Hickox reprezintă un interes deosebit prin faptul că relaţia (3) este verificată şi de o serie de experienţe făcute în natură pentru înălţimi de lamă deversantă de 3—6 m.

In fine, Bugliarello, pe baza unei noi serii de experienţe în care admite recirculaţia aerului obţine relaţiile :

$$\alpha = 0{,}106\ \beta^{0.25}$$

şi (5)

$$\alpha = 0{,}106\ \beta^{0{,}364}$$

prima cu un deversor înalt de 0,20 m şi a 2-a pentru un deversor înalt de 0,30 m.

III. Asupra experienţelor şi relaţiilor de mai sus se pot face următoarele observaţii :

a) Experienţele făcute de Hickox confirmă posibilitatea de folosire în natură a unei relaţii obţinute pe model asupra antrenării aerului, cel puţin pentru cazul din fig. 1 *b*.

b) Relaţiile de tipul 1,2 sau 2' nu pot fi folosite pentru proiectarea instalaţiei de aerare

întrucît coeficienții k și m depind de dimensiunea conductei de aerare.

c) Deși corectă din punct de vedere dimensional relația (3) prezintă dezavantajul că debitul este caracterizat prin înălțimea lamei deprimate H_0, care nu este o variabilă independentă, întrucît depinde de subpresiunea h. De asemenea în relație, nu apare sub nici o formă elementul care interesează în proiectare, adică dimensiunea conductei de aerare. In fine parametrii α și β nu au o semnificație hidraulică.

Cele de mai sus ne-au condus la propunerea unei noi relații pentru funcțiunea de antrenare care să înlăture inconvenientele arătate mai sus.

IV. In relația propusă vom face să intervină instalația de aerare prin „diametrul ajutajului ideal echivalent" parametru pe care l-am introdus cu ocazia studierii funcțiunii de antrenare a aerului la goliriile de fund.

Cu ocazia acestui studiu, am arătat că diferitele încercări și măsurători făcute asupra instalațiilor de aerare nu sînt comparabile, întrucît lipsește un mod unic de definire al capacității acestora.

„Ajutajul ideal" are aceiași capacitate ca și conducta de aerare și coeficientul de scurgere $\mu = 1$. La diametrul ϑ și diferența de presiune h el va conduce la debit de aer,

$$q = \frac{\pi}{4}\vartheta^2\sqrt{2gh\frac{\gamma}{\gamma'}} \qquad (6)$$

unde γ și γ' sînt greutățile specifice ale apei respectiv ale aerului.

La aceeași diferență de presiune, conducta de aerare de secțiune d conduce un debit

$$q = \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{2\,gh\,\frac{\gamma}{\gamma'}}\,\frac{1}{\sqrt{1+\Sigma\xi_l+\xi_f}} \qquad (7)$$

unde ξ_l și ξ_f sînt coeficienții de pierdere locală și prin frecare.

Egalînd relațiile (6) și (7) obținem :

$$\vartheta^2 = \frac{4}{\pi}\,\frac{\omega}{(1+\Sigma\xi_l+\xi_f)^{1/2}}.$$

Introducerea parametrului ϑ prezintă următoarele avantaje :

a) permite compararea rezultatelor experimentale obținute cu conducte de aerare indiferent de natura și numărul rezistențelor și de forma secțiunii ;

b) permite introducerea în aceeași relație generală a experiențelor făcute pe model, unde scurgerea în conducta de aerare depinde de numărul Re și a experiențelor din natură.

V. Pentru a obține relația între mărimile care determină fenomenul hidraulic vom observa că neglijînd influența condițiilor aval ceea ce este valabil numai pentru cazul din fig. 1, *a* subpresiunea p kg/cm² sub lama deversantă trebuie să fie o funcție de următorii factori :

— debitul de apă pe ml Q
— conducta de aerare ϑ
— masa specifică a apei ρ
— masa specifică a aerului ρ'
— accelerația gravitației g.

Relația se poate deci scrie :

$$p = f(Q,\ \vartheta,\ \rho,\ \rho',\ g) \qquad (9)$$

sau :

$$\varphi(p,\ Q,\ \vartheta,\ \rho,\ \rho',\ g) = 0. \qquad (9')$$

Conform teoremei relația (9') se poate pune sub forma :

$$\varphi(\pi_1,\ \pi_2,\ \pi_3) = 0 \qquad (10)$$

unde avem :

$$\pi_1 = p^{x_1}\rho^{y_1}g^{z_1}Q^{-1}$$
$$\pi_2 = p^{x_2}\rho^{y_2}g^{z_2}\rho'^{-1}$$
$$\pi_3 = p^{x_3}\rho^{y_3}g^{z_3}\vartheta^{-1}$$

Determinăm exponenții punînd condiția ca numerele π să fie fără dimensiuni. Rezultă :

$$\pi_1 = \frac{p^{3/2}}{\rho^{3/2}gQ} = \frac{h^{3/2}g^{1/2}}{Q}$$

$$\pi_2 = \frac{\rho}{\rho'}$$

$$\pi_3 = \frac{p}{\rho g\vartheta} = \frac{h}{\vartheta}.$$

Raportul $\frac{\rho}{\rho'}$ este constant pentru toate măsurătorile. Admițînd $Q = m\sqrt{2g}\,H^{3/2}$, rezultă că parametrul π_1 se poate pune sub forma $K\left(\frac{h}{H}\right)^{3/2}$. Rezultă în cele din urmă că relația (10) se poate pune sub forma :

$$\frac{h}{H} = f\left(\frac{h}{\vartheta}\right) \qquad (11)$$

care este funcțiunea căutată. Observăm că această relație dă subpresiunea relativă de sub lama deversantă în funcție de raportul h/ϑ, care caracterizează condițiile de scurgere ale debitului de aer. Pentru a avea aceeași subpresiuni relative, adică aceleași condiții de scurgere ale apei, trebuie respectată condiția $h/\vartheta = \text{const}$. Subpresiunea h caracterizează viteza cu care iese aerul din conducta de aerare $v = \varphi\sqrt{2gh}$. Rezultă că se poate pune condiția de mai sus a similitudinei scurgerii aerului sub forma $\frac{v^2}{g\vartheta} = \text{const}$.

VI. Pentru a stabili forma funcțiunii (11) s-au prelucrat și reprezentat într-un sistem de coordonate logaritmice, avînd în ordonată raportul h/H, iar în abscisă raportul $\frac{h}{\vartheta}$, rezultatele experimentale obținute de Hickox (fig. 2). Punctele se grupează în jurul unei drepte avînd o dispersiune destul de mică. Aceasta poate fi atribuită faptului constatat de noi în alte cercetări de antrenarea aerului și anume că subpresiunea are pulsații a căror medie este înregistrată cu o anumită eroare. Funcția corespunzătoare dreptei din fig. 2 este :

$$\frac{h}{H} = 0{,}25\left(\frac{h}{\vartheta}\right)^{0/60}. \qquad (12)$$

In cazul recirculării aerului extrapolarea rezultatelor de pe model în natură nu este sigură.

Prelucrînd rezultatele experimentale ale lui Hickox, s-au reprezentat în sistemul de coor-

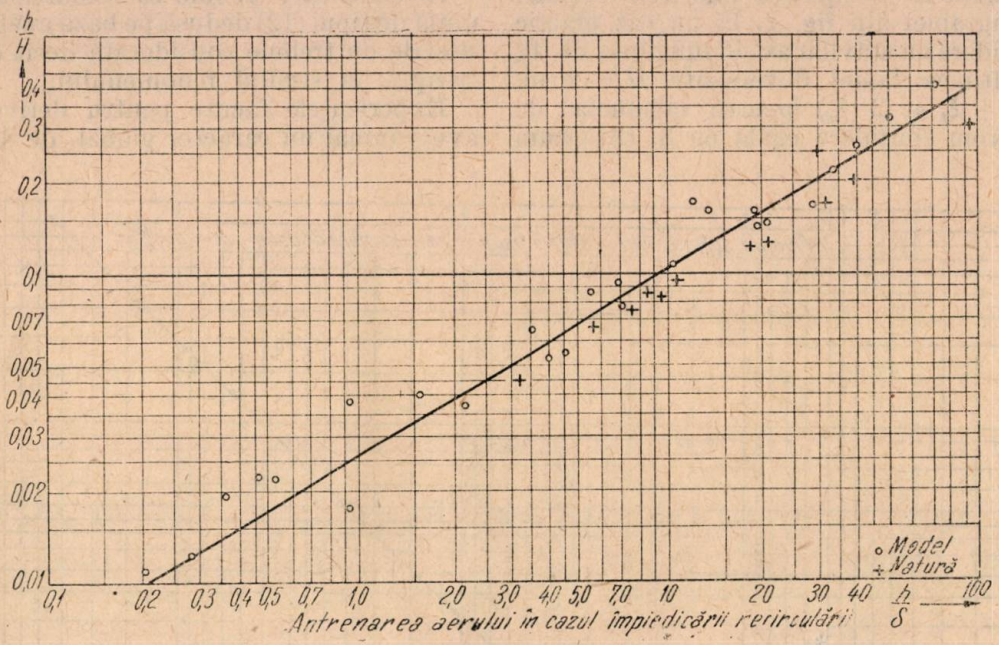


Fig. 2

Am prelucrat şi reprezentat în acelaşi sistem de axe de coordonate şi rezultatele experimentale ce au condus la formulele (2). In fig. 3 se vede că ele conduc de asemeni la o relaţie de tipul :

$$\frac{h}{H} = k_2 \left(\frac{h}{\delta}\right)^m \qquad (13)$$

Acest rezultat se putea prevede întrucît şi Bugliarello a obţinut pentru cazul recirculaţiei aerului o relaţie asemănătoare cu a lui Hickox. Relaţia (13) nu se poate folosi fără cunoaşterea condiţiilor aval pe care nici Bugliarello, nici Hickox nu le indică. Similitudinea în acest caz trebuie dovedită prin experienţe la scări diferite. Totuşi pentru scopuri practice se poate folosi relaţia (12) şi în cazul din fig. 1 unde, aşa cum reiese din compararea celor 2 diagrame, va da rezultate suficient de apropiate.

In ceea ce priveşte influenţa subpresiunii asupra debitului, ea a fost exprimată în lucrările citate mai sus printr-o relaţie de formă

$$\frac{H - H_0}{H} = k_3 \left(\frac{h}{H_0}\right)^p . \qquad (13')$$

Căutăm să determinăm influenţa subpresiunii relative $\frac{h}{h_0}$ asupra coeficientului de debit.

$$m = \frac{Q}{\sqrt{2g} H^{3/2}} . \qquad (14)$$

donate logaritmice $\left(\frac{m_0}{m} - 1\right)$ şi $\frac{h}{H}$.

Punctele obţinute se grupează în jurul

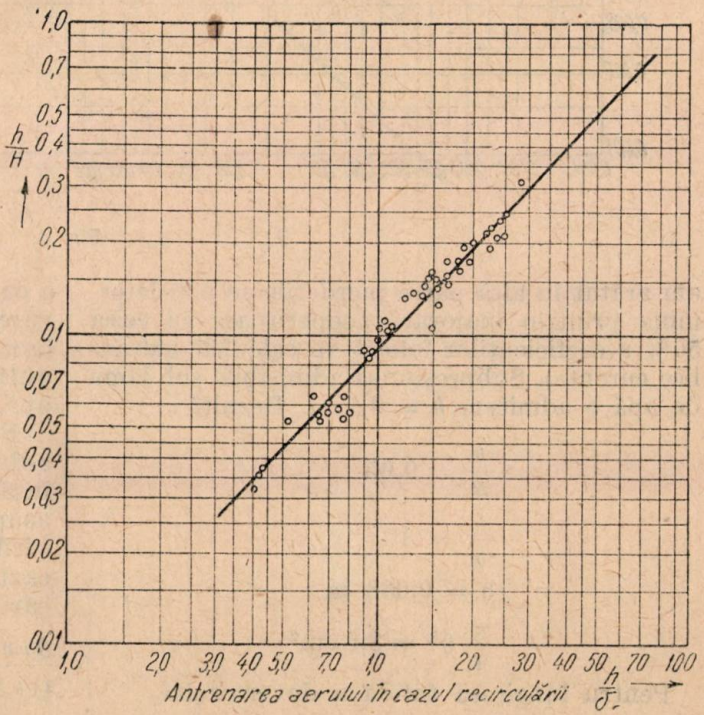


Fig. 3

unei drepte, rezultatele putîndu-se pune sub forma :

$$\frac{m_0}{m} = 1 + 0{,}2 \frac{h}{H} \qquad (15)$$

unde : m_0 este coeficientul de debit corespun-

zător lamei deprimate, iar m corespunde aerării perfecte.

VII. Pentru a exemplifica folosirea formulei (12) şi diagramei din fig. 2. la un caz practic vom considera un stăvilar avînd lungimea de 12 m şi înălţimea lamei deversante $H = 2$ m. Suma $(1 + \xi_f + \Sigma\ \xi_e)$ pentru conducta de aerare o vom considera egală cu 8. (Aşa cum

Rezultă că diametrul conductei de aerare este $\theta = 33$ cm.

In concluzie, trebuie să remarcăm că o formulă de tipul (12) dedusă pe baza analizei dimensionale nu trebuie considerată decît ca o primă treaptă în studiul fenomenului.

Experienţele făcute pentru derivarea ei au avut numai un caracter global, de determinare

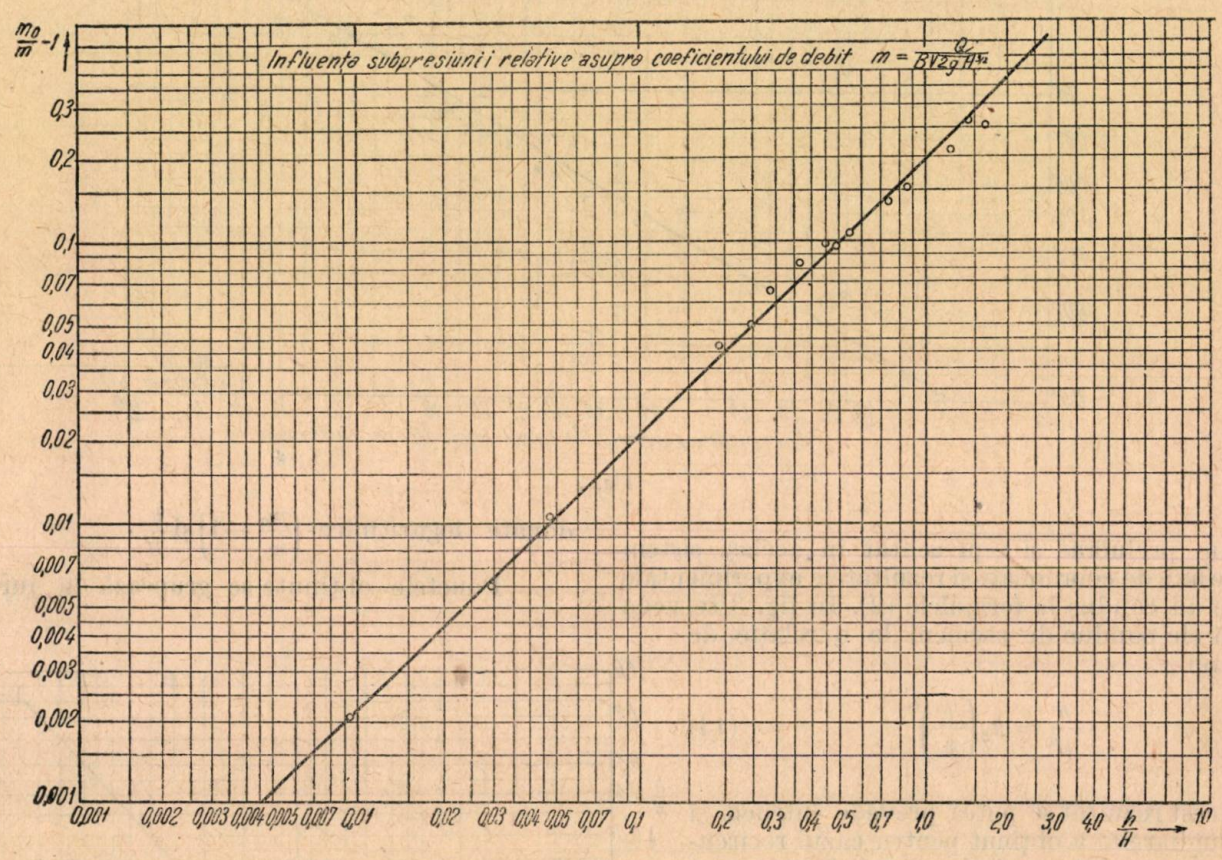


Fig. 4

am arătat în altă parte pierderile se pot determina printr-o majorare acoperitoare cu circa 50% a coeficienţilor folosiţi în calculele hidraulice curente). Subpresiunea admisibilă sub lama de apă o admitem $h = 0{,}1$ m. Rezultă :

$$\frac{h}{H} = 0{,}05$$

$$\frac{h}{\vartheta} = 3$$

$$\vartheta = 0{,}038 \text{ m}$$

$$\frac{\pi}{4}\vartheta^2 = 8{,}8 \text{ cm}^2$$

Pentru lungimea totală a deversorului

$$\frac{\pi}{4}\vartheta^2\ L = 8{,}8 \cdot 12 = 106 \text{ cm}^2$$

$$\omega = 106\sqrt{1 + \Sigma\xi_i + \xi_f} = 8 \cdot 106 = 848 \text{ cm}^2$$

a caracteristicilor medii ale fenomenului. Rezolvarea definitivă a problemei nu se va putea face decît pe baza unei analize de detaliu a antrenării la contactul dintre lama de aer şi apă.

Formula (12) nu cuprinde de asemeni efectul adîncimii de cădere a lamei deversante, care însă după Hickox nu are o influenţă prea mare asupra rezultatelor. O altă sarcină pentru cercetările viitoare, este verificare similitudinii în cazul recirculaţiei debitului de aer prin încercări pe modele cît mai mari şi la scări diferite.

Bibliografie:

[1] *Bugliarello C.* : Aerarea deversorului tip, Energia Electrică 1951 ;

[2] *Hickox G. H.* : Aerarea deversoarelor, Trans. ASCE, 1941.

[3] *Wisner P.* : Contribuţie la dimensionarea instalaţiilor de aerare ale golirilor de fund, 1953.

Metodă nouă de producere a vidului în procesul de uscare a transformatoarelor de mare putere

Ing. GH. GOGU

In cadrul unui concurs organizat de trustul „ELECTROMONTAJ", unitate care se ocupă de montajul marilor instalații energetice, autorul a propus metoda descrisă mai jos pentru producerea vidului la uscarea transformatoarelor electrice; metoda a fost încercată cu bune rezultate și adoptată apoi ca procedeu curent.

REDACȚIA

I. Principiul metodei

In trecut, metoda întrebuințată pentru uscarea transformatoarelor se baza pe încălzirea acestora pînă la temperatura de funcționare în regim normal de exploatare (70...80°C), prin curenți de scurtcircuit.

Odată cu progresul tehnicii în construcția transformatoarelor, care a permis realizarea unităților de mare putere, metoda de mai sus nu și-a mai găsit aplicarea în primul rînd din cauza puterii mari necesare producției curentului nominal în înfășurarea secundară, care să poată aduce transformatorul la temperatura de mai sus. și în al doilea rînd experiența sovietică a dovedit că această metodă se soldează întotdeauna cu îmbătrînirea izolației bobinelor, scurtînd astfel viața transformatoarelor.

In prezent, metoda consacrată pentru încălzirea transformatoarelor de mare putere, este metoda sovietică prin curenți de inducție, care s-a dovedit mult superioară oricărei alte metode de încălzire. Prin acest sistem, izolația nu suferă nici o modificare a structurii ei, iar puterea necesară este minimă. Este suficient să se menționeze că pentru încălzirea pînă la o temperatură de 95°C a unui transformator de 25 MVA, puterea necesară este de circa 0,05 MW.

Dar oricare ar fi metoda de încălzire, în procesul de uscare a transformatoarelor, atît timp cît aceasta se face într-un spațiu închis (respectiv în cuvă), rezultatele nu sînt pozitive dacă paralel cu evacuarea umidității din înfășurare, sub formă de vapori de apă, nu se face extragerea acestora din spațiul unde s-au colectat.

Din acest motiv, este absolut necesar ca odată cu producerea vaporilor de apă, prin încălzirea transformatoarelor să se facă și evacuarea acestora cu ajutorul unei instalații de producere a vidului.

Din lipsa unor instalații speciale pentru creat vidul, în procesul de uscarea transformatoarelor, s-au folosit pompele de vid de la agregatele de tratarea uleiului de transformator, Sharpless sau Hering. Aceste agregate sînt prevăzute pentru a executa cele trei operații fundamentale, pentru tratarea uleiului de transformator și anume :

a) încălzirea uleiului pînă la o temperatură de 50...60°C, în vederea extragerii umidității prin transformarea picăturilor de apă în suspensie, în vapori de apă ;

b) îndepărtarea pe cale mecanică a particulelor grele, murdării, etc. conținute în ulei, prin centrifugarea acestuia într-o centrifugă sistem „De Laval" ;

c) îndepărtarea vaporilor de apă rezultați, prin încălzirea uleiului cu ajutorul unei pompe de vid.

Toate aceste operații se execută cu agregatele respective, montate într-un ansamblu constituind unul sau celălalt din agregatele complexe mai sus menționate.

Fabricile constructoare livrează întotdeauna fără ulei transformatoarele de mare putere, cuva fiind sub vid sau umplută cu azot ; aceasta pentru a evita dificultățile la transport, conținutul în ulei al unui transformator de 25 MVA spre exemplu fiind de 30—40 tone. Termenul de garanție în situația de mai sus, adică cu transformatoare sub vid sau plini cu azot, este circa 6 luni de la ieșirea din fabrică, termen în care dacă transformatorul nu a fost montat și dat în exploatare, este absolut necesar să se facă uscarea lui, lucru care se stabilește în urma măsurătorilor de laborator (bineînțeles acest termen este condiționat de faptul că transformatorul să-și fi păstrat etanșeitatea).

Cum în general acest termen este depășit, operația de uscarea transformatoarelor de mare putere se face aproape fără excepție în toate cazurile.

Procedeul uscării transformatoarelor, prin recirculația uleiului de mai multe ori, este foarte greoi și de lungă durată, deoarece masa care trebuie încălzită este foarte mare.

Din acest motiv, pentru uscarea transformatoarelor mari, tehnicienii trustului electromontaj folosesc în mod curent metoda încălzirii prin curenți de inducție sub vid, produs de agregatul de vid al instalației de tratarea uleiului. Această metodă de producere a vidului s-a dovedit însă neeconomică și oneroasă din următoarele motive :

1. In ceea ce privește exploatarea agregatelor, deoarece durata de uscare a unui trans-

formator mare este de circa 30—40 zile, timp în care un agregat complex rămîne blocat pentru o singură operație, fapt care dăunează mult, lucrărilor de montaj, numărul acestor agregate fiind restrîns și solicitarea lor foarte mare.

2. Costul chiriei pentru aceste agregate este ridicat și este oneros să se plătească această chirie pentru un agregat complex, din care nu se folosește decît o parte.

3. Din punct de vedere tehnic, nu este recomandabil să se folosească la maximum numai o parte din agregatul complex, care în consecință se va uza înaintea celorlalte părți, mai cu seamă că aceasta este partea cea mai delicată a agregatului și anume pompa de vid.

Dacă ținem seama de faptul că aparatele „Hering" au pompa de vid cu piston uzura acesteia este mult mai mare decît atunci cînd se folosește pentru tratarea uleiului, avînd în vedere cantitățile mari de apă care rezultă din procesul de uscare a transformatoarelor, cantități care în cazul unor transformatoare de 25 MVA, au fost de ordinul 17÷20 litri de apă.

In modul acesta, pe lîngă strangularea care se produce în lucrările de montaj se ajunge la o uzură prematură a unor agregate atît de necesare în primul rînd la tratarea uleiului de transformatoare, în care scop au fost construite.

Inspirat din sistemul de creare a vidului în condensatoarele turbinelor de abur, prin ejectoare, autorul a propus această soluție și pentru crearea vidului în transformatoare, soluție care a fost găsită foarte potrivită pentru rezolvarea problemei de mai sus.

Propunerea nouă în această metodă constă în aceea că fluidul de circulație, întrebuințat în ejector pentru crearea vidului este chiar uleiul de transformator.

Pentru funcționarea ejectoarelor s-au folosit pînă în prezent în general apa sau aburul ca fluid de circulație. Și în cazul de față ar fi putut fi folosit unul din cele două fluide de mai sus. Pentru a avea însă siguranța deplină că în instalația de vid nu există nici un factor care ar putea transmite umiditatea, în timpul manevrelor de oprire și pornire a instalației s-a ales ca fluid de circulație uleiul de transformator.

Descrierea instalației

S-a urmărit ca instalația să ofere maximum de simplitate în construirea ei, să fie realizabilă cu echipamente care se fac în mod curent în țară, să fie ușor transportabilă și ușor de manipulat.

1. Instalația se compune dintr-un *rezervor metalic* de formă dreptunghiulară avînd o capacitate de 1 m³ pe care se montează întregul echipament. Acest rezervor poate fi și de o capacitate mai mică avînd în vedere că temperatura uleiului de circulație nu a depășit 24°C, în timpul funcționării, volumul fiind de 400 l.

Rezervorul se montează pe un șasiu din fier U care prin intermediul a 2 arcuri semieliptice, se va așeza pe o axă cu 2 roți pneumatice. Intregul sistem de axă cu gențile și suspensia respectivă se pot procura de la D.A.C. sau de la orice autoturism care se clasează.

Pe rezervor se montează următoarele :

2. *Agregatul de pompare* care constă dintr-o electropompă centrifugală cu caracteristicile :

Debitul : $Q = 300$ l/min.

Presiunea $H = 50$ m coloană de apă.

Turația $n = 1\,500$ rot/min

cuplată direct cu un motor electric, de preferință capsulat, cu caracteristicile :

Puterea : $P = 5$ kW

Tensiunea : $U = 220/380$ V

Turația : $n = 1\,500$ rot/min.

Astfel de agregate se fabrică în mod curent la noi în țară de către Uzinele „I.M.B." și „Vasile Roaită" —

Electromotorul de mai sus este protejat de un întrerupător automat. de asemenea de tip capsulat. Se recomandă ca motorul electric și automatul de protecție să fie capsulate, deoarece acestea sînt singurele piese sensibile la umiditate și cu această precauție, întreaga instalație poate lucra neacoperită, sub orice întemperii fără să-i dăuneze.

3. *Ejectorul* se compune dintr-un recipient cilindric avînd diametrul interior $\theta = 300$ mm și înălțimea $H = 300$ mm. La partea superioară a recipientului între două flanșe s-a montat flanșa de care este sudat ajutajul convergent, duza ejectorului, iar la partea inferioară de asemenea între două flanșe. s-a montat flanșa ajutajului divergent, difuzorul. Intre fiecare din aceste flanșe, se găsesc garnituri de cauciuc în grosime de 2 mm. S-a preconizat acest sistem, deoarece permite demontarea rapidă a ajutajelor, iar prin introducerea sau scoaterea garniturilor dintre flanșe, se poate varia distanța dintre ajutajul convergent și cel divergent, pînă la găsirea punctului de funcționare optimă. Acest punct este greu de determinat prin calcul deoarece fluidul de circulație este uleiul de transformator, pentru care nu se găsesc coeficienți de scurgere, cum este cazul pentru apă și abur fluide întrebuințate în mod curent în funcțiunea ejectorului.

Atît recipientul cît și ajutajele au fost confecționate pe șantier din tablă de oțel în grosime de 5 mm recipientul și 10 mm ajutajul. Ajutajele au fost apoi strunjite la cota exactă și cu un profil de minimă rezistență pentru a evita formarea de zone turbionare. Este preferabil ca duzele atît ale ajutajului divergent, cît și ale celui convergent să fie demontabile. De aceea se confecționează dintr-un oțel mai tare și sînt prevăzute cu ghivent pentru a fi înșurubate în ajutajele respective. După un timp, cînd profilele se deformează în urma uzurii, vor putea fi foarte ușor înlocuite.

Detaliile asupra ejectorului se pot vedea în schița alăturată.

4. *Separatorul de apă.* Intrucît în procesul de uscare a transformatoarelor este foarte important să se urmărească și să se determine cantitatea de apă rezultată prin condensare, s-a

prevăzut între priza de aer a efectorului și priza cuvei transformatorului, un separator de apă, cu sticlă de control și robinet de scurgere.

Din schița alăturată se poate vedea construcția acestui separator. A fost executat pe șantier din tablă rulată la valț și apoi sudată electric. In interior s-a prevăzut o serie de șicane.

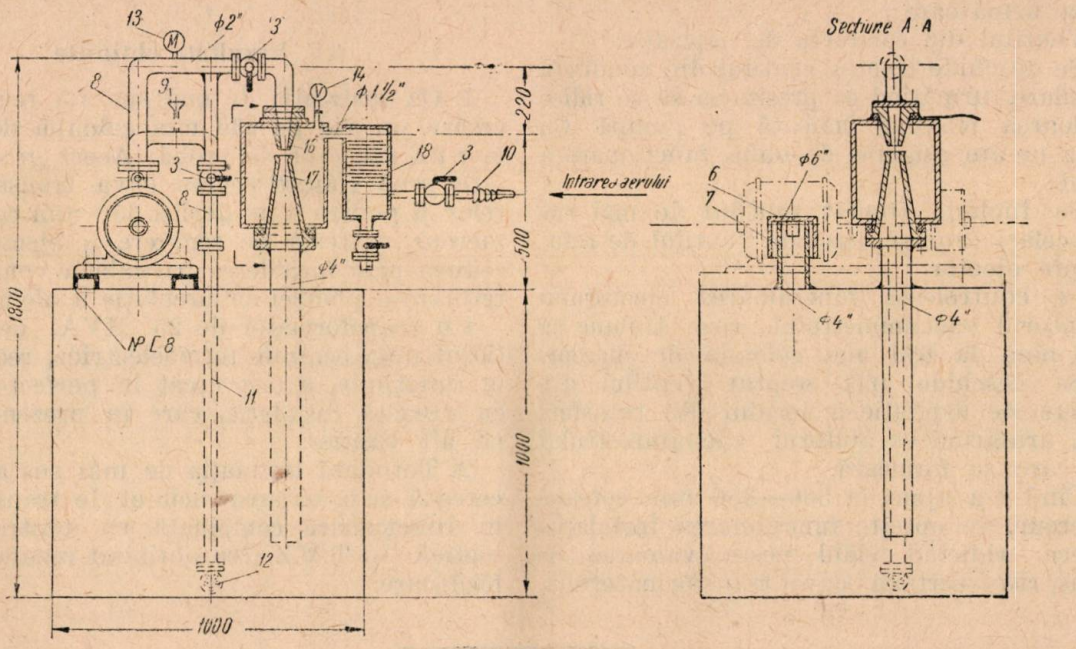
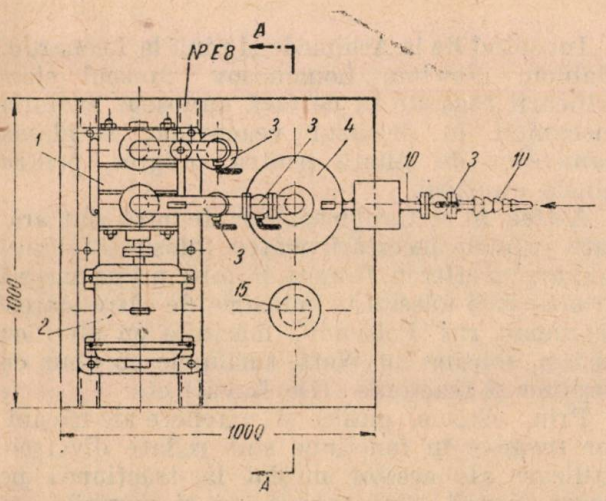


Fig. 1



La partea inferioară a separatorului se găsește sticla de control.

Aceasta a fost de asemenea confecționată pe șantier dintr-o sticlă M.A.T. albă, care s-a tăiat la dimensiunea respectivă. Acest tub de sticlă este strîns între două flanșe cu garnituri de cauciuc în grosime de 4 mm. Flanșa superioară este prevăzută cu un ștuț de racord sudat la partea inferioară a separatorului de apă, iar flanșa inferioară este prevăzută cu o canea de scurgere.

5. *Aparate de măsură.* Instalația comportă următoarele aparete de măsură :

a) Un vacuummetru, montat direct pe ejector cu care să se poată controla funcționarea instalației, independent dacă este sau nu legată la transformator.

b) Un vacuummetru, montat pe conducta de aspirație dintre cuva transformatorului și separatorul de apă, care indică gradul de vid din transformator, atît în timpul funcționării ejectorului, cît și după oprirea acestuia. Tot cu ajutorul acestui vacuummetru se poate urmări etanșeitatea cuvei transformatorului.

c) Un manometru pînă la 10 at montat în conducta de refulare a pompei centrifugale, cu ajutorul căruia se controlează funcționarea acesteia.

6. *Armături.* Instalația comportă o claviatură de 4 ventile de manevră și reglaj.

a) Ventil pe conducta de refulare a pompei centrifugale, spre ejector, cu ajutorul căruia se face și reglajul vidului prin reducerea debitului de ulei din circuitul ejectorului.

b) Ventil pe conducta de refulare a pompei spre rezervor pentru pornirea și controlul funcționării pompei.

c) Ventilul pe conducta de aspirație a pompei centrifugale pentru pornire (nu este indispensabil).

d) Ventil de reținere pe conducta de legătură dintre ejector și separatorul de apă.

e) Sorb pe conducta de aspirație a pompei din rezervor.

f) Ventil de descărcarea rezervorului de ulei.

g) Ventil pe conducta de aspirație a aerului din transformator.

h) Coș la evacuarea aerului din rezervor.

III. Modul de funcționare

Instalația necesită o legătură la cuva transformatorului care urmează a fi uscat și o legătură electrică la electromotorul pompei. Pornirea instalației se face cu toate ventilele închise prin anclanșarea întrerupătorului automat. Se procedează apoi la deschiderea ventilelor în ordinea următoare :

— Ventilul din conducta de aspirație.

— Se deschide treptat ventilul din conducta de refulare, urmărind ca presiunea să se ridice la valoarea maximă indicată pe pompă. Cu aceasta ne-am asigurat de buna funcționare a pompei.

— Se închide treptat ventilul de mai sus și în același timp se deschide ventilul de refulare spre ejector.

— Se controlează funcționarea ejectorului cu ajutorul vacuummetrului, care trebuie să indice pînă la 630 mm coloana de mercur.

— Se deschide apoi treptat ventilul din conducta de aspirație a aerului din transformator, urmărind cu ajutorul vacuummetrului vidul care se formează.

— Cînd s-a ajuns la 300—350 mm coloană de mercur, se oprește funcționarea instalației deoarece, ridicînd vidul peste valoarea de mai sus, riscă turtirea cuvei transformatorului.

— După 2—3 ore, interval de timp în care vidul scade, se pornește instalația din nou.

Totodată apa adunată în sticla de control se scurge prin robinetul de scurgere într-un vas gradat și se notează astfel încît la terminarea operației să se poată cunoaște cantitatea totală de apă extrasă prin uscare.

* * *

IV. Rezultate obținute

1. Cu instalația de mai sus s-a reușit să se creeze un vid de 630 mm coloană de mercur într-un rezervor de probă. Acest grad de vid este prea ridicat pentru cuva transformatoarelor și pentru a nu depăși 350 mm coloană de mercur, puterea de scurgere a ejectorului se reduce prin închiderea parțială a ventilului de refulare a pompei de circulație a uleiului.

Un transformator de 25 MVA. de pe șantierul unei centrale termoelectrice, recent puse în funcțiune, a fost uscat în perfecte condiții cu această instalație, care în prezent se află pe alt șantier.

2. Totodată instalația de mai sus a fost încercată și la uscarea uleiului de transformator în funcționare combinată cu centrifuga sovietică tip T.M.Z. 708 obținînd rezultate satisfăcătoare.

UN MUZEU AL ELECTRIFICĂRII

Printre multiplele mijloace folosite de Partid și Guvern în opera de culturalizare a maselor, un loc de frunte îl ocupă muzeul.

Muzeul electrificării, organizat în cadrul Centrului de documentare tehnică al Ministerului Energiei și Industriei Electrotehnice, aduce o prețioasă contribuție la ridicarea nivelului cultural și tehnic al muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor, prin prezentarea tehnicii și științei în domeniile mecanicii și electricității, cu aplicarea la diferite ramuri ale industriei, agriculturii, transportului, telecomunicațiilor și altele.

Imensele panouri, înfățișînd planul GOELRO și celelalte planuri pentru înfăptuirea electrificării în Uniunea Sovietică, precum și giganticele construcții ale comunismului, hidrocentralele Volhov, Dnieprostoi, Canalul Volga-Don, irigațiile din U.R.S.S., oglindesc culmile înalte atinse de știința și tehnica sovietică.

Una din sălile muzeului este încadrată de panouri care reprezintă aspecte din realizările obținute pe drumul electrificării țării noastre.

Fiecare sector, fiecare colț al acestui muzeu și fiecare piesă expusă constituie o minunată sursă de documentare.

Sectorul care cuprinde istoria mecanicii atrage atenția vizitatorilor asupra lucrărilor atît din mecanica veche cît și cea clasică.

Începînd de la Arhimede și pînă la Leonardo, Galileu, Newton, Lomonosov muzeul electrificării reușește să ne facă cunoscut evoluția mecanicii în decursul veacurilor, strădania oamenilor de știință pentru progres, pentru binele omenirii.

Astfel, în sectorul mașinilor de forță sînt arătate primele încercări pentru folosirea tehnică a aburului (Heron, Branca, Papin), prima mașină atmosferică folosită în industrie de către marele tehnician rus Polsunov, mașinile cu abur cu piston, mașina lui Watt, turbinele cu abur cu acțiune și reacțiune (De Laval) etc.

Prin scheme, grafice și machete ale mașinilor termice în funcțiune sînt redate diversele utilizări ale acestor mașini la tracțiunea pe uscat și apă. Sînt expuse aci și mașinile cu ardere internă, arătîndu-se folosirea lor în industrie, la tracțiunea terestră, în aviație și marină. Aurel Vlaicu a realizat în 1910, avionul românesc cu motor cu explozie, cu care, în 1912 a bătut recordul mondial de zbor de la Viena.

Se trece apoi în sectorul demonstrativ și experimental de electrostatică și electrodinamică. Aici elevii și studenții, însoțiți de profesori, pot face experiențe de la cele mai simple, începînd cu atragerea corpurilor ușoare, magnetism (inclusiv teoria busolei), mașini electrostatice de diverse tipuri (Gericke, Dal Negro, Nollet,

Wimshurst, etc.), condensatorul electric (butelia de Leyda). Deasemenea ei capătă noțiuni despre studiile asupra electricității atmosferice făcute de către Lomonosov, Rihman, Franklin, formularea legii atracției electrostatice descoperită de Coulomb, etc.

Urmează apoi experiențele de electricitate dinamică și anume: elementele galvanice (Volta, Galvani) legile electrolizei, legea lui Ohm, electromagnetismul (Oersted, Ampère, Arago), aplicațiile electromagneților (primul electromotor a fost realizat de către savantul rus Iacobi în 1834 și utilizat pe o ambarcațiune pe fluviul Neva în 1838); teoria electromagnetismului (Stoletov), fenomenul electrotermic (legea lui Joule Lenz), conducta electromagnetică (Farady-Lenz), aplicarea teoriilor electromagnetice la construirea mașinilor și aparatelor electrice, electromotorul asincron realizat de inginerul rus Dobrovolschi. Mai sînt prezentate sistemele de transport și distribuție de energie electrică, prin dispozitivul instalat în acest scop, iar într-o secție aparte protecția muncii (echipament, aparatură și norme de tehnica securității).

Unul din sectoare este destinat folosirii energiei electrice în industrie, mine, tracțiune electrică, medicină, gospodărie, agrotehnică, electrificare rurală.

In gospodăriile celor ce muncesc din țara noastră, se folosesc în măsură tot mai mare produse electrice de uz casnic. Dintre acestea, sînt expuse: o mașină electrică de gătit, un frigorifer, aparate de radio, ventilatoare, mașină electrică de curățat cartofi, fier electric de călcat și multe altele.

Printre alte mașini ce se folosesc în agrotehnică și zootehnică se află un tractor în miniatură, acționat electric prin cablu, pe care, privindu-l, îți imaginezi viitorul apropiat al agriculturii noastre mecanizate, înaintate.

Marele panou, ce reprezintă o arie electrificată, ne arată cum o parte a țărănimii muncitoare din țara noastră, folosind electricitatea la treieratul cerealelor, au redus însutit efortul fizic și timpul de lucru.

Cercetînd sectorul iluminatului electric, ne putem da seama de binefacerile științei puse în slujba omului. Făclia, opaițul, lumînarea, lampa cu petrol, becul cu gaz aerian artificial, descoperirea arcului voltaic de către Petrov, aplicarea de către Jablocicov la lămpile electrice, lampa cu incandescență creiată de Ladîghin, toate ne arată evoluția iluminatului de-a lungul veacurilor.

Becurile, lămpile electrice cu neon și mercur, completează acest sector. Fabricile noastre de corpuri de iluminat au produs în 1953 de 4,2 ori mai multe becuri față de 1948.

Deosebit de interesant este sectorul telecomunicații, unde începînd cu semnalizările primitive din antichitate, pînă la primul aparat telegrafic electric cu fir inventat în 1832 de către Șiling, primul teleimprimator al lui Iacobi, apoi teleimprimatorul mecanic modern sovietic, ne arată cum au evoluat comunicările de la distanță.

Centrala telefonică manuală, alături de moderna centrală telefonică automată indică progresul realizat în domeniul telefoniei.

Radiotelegrafia este reprezentată printr-o întreagă colecție de aparate de radiotelegrafie. De la invenția savantului rus Popov pînă la aparatele de radiotelegrafie utilizate și la noi, trioda de mare putere pentru emițător radio de la posturile noastre de radio, precum și aparatele moderne de telegrafie fără fir construite în țara noastră, sînt printre piesele cele mai atractive pentru vizitatorii muzeului.

Radioamatorii se opresc timp îndelungat pentru a cerceta cu toată atenția magnetofonul sovietic pentru înregistrat și redat pe bandă; stațiunea de amplificare de 125 V; stațiunea de radioficare de 150 V pentru 600 difuzoare, construită la întreprinderea „Electromagnetica"; stațiile de recepție de mare selectivitate și sensibilitate pentru radiograme; aparatul televizor de construcție sovietică.

Schemele din secția de radiolocație înfățișează utilizarea undelor electromagnetice (herțiene) pentru a obține imaginile obiectelor dorite și distanțele respective (din aer, din apă, de pe pămînt), precum și verificarea distanțelor intersiderale.

Secția demonstrativă și experimentală de fizică a atomului este împărțită pe compartimente; emisia electronică (celule fotoelectrice); descărcări în gaze, fotoluminiscență și emisie de raze spectrale (spectroscopie), energia nucleară. In compartimentul energiei nucleare sînt redate schematic: utilizarea energiei nucleare, pile atomice, explozii atomice, rachete experimentale pentru studii, aparataj de numărat cuantele de lumină, razele cosmice, particulele radioactive, etc.

Mai departe, sectorul hidraulic prezintă folosirea apelor din cele mai vechi timpuri și pînă în prezent. De la diorama satului lacustru, se trece la moara veche țărănească cu făcae, adusă (în original) dela Ciuperceni-Baia de Aramă. Această moară, pe care o putem vedea funcționînd așa cum funcționa în 1870 pe rîul Strîmba, arată geniul creator popular din țara noastră.

Prin contrast, alături se află un grup (agregat) de turbină hidraulică modernă (Pelton), cu turbina propiu zisă, generatorul (alternatorul), dispozitivul de excitație și celelalte accesorii.

In același sector urmează prezentarea, printr-un panou de diverse ambarcațiuni vechi și noi de navigație interioară și maritimă, lucrările hidrotehnice din secolul al XVIII-lea executate de către inginerul rus Kozma Dimitrievici Frolov, apoi aparatură de mașini hidraulice sau pentru demonstrații, privind folosirea apelor.

Sectorul hidraulic se încheie cu două machete de centrală hidroelectrică cu alte machete de diverse turbine hidraulice sau dispozitive accesorii.

Industria noastră electrotehnică, inexistentă în regimul burghezo-moșieresc, produce astăzi utilaje necesare construirii de centrale electrice și de linii, utilaj electric pentru industria cărbunelui și a petrolului, industria metalurgică, etc.

Dezvoltarea industriei noastre electrotehnice este înfățișată printr-o serie de mașini și aparate electrice, produse ale întreprinderilor din cadrul Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice și prin prezentarea proceselor tehnologice (fazele principale ale fabricației) ale mașinilor electrice, transformatorilor, aparatajul electric, etc.

In sala Vuia găsim invențiile cu renume internațional ale lui Traian Vuia, care în 1906 a realizat primul zbor mecanic cu mijloace proprii, cu un aparat mai greu decît aerul, aparat inventat de el, elicopterul, în miniatură, cu care Vuia a zburat în 1922. Generatorul de abur „Vuia", o adevărată revoluție în tehnica și știința mondială, este expus în muzeu în mod demonstrativ și experimental.

In sala mașinilor de interes istorico-tehnic se pot vedea : prima mașină cu abur din industria românească ; primele generatoare electrice din țară (1880) ; centralele hidro și termoelectrice vechi (instalațiile centralelor din 1888, 1908, 1912). Sectorul este completat cu o sală de mașini electrice și termice și o sală cu baterii de acumulatori, pentru practica elevilor și studenților.

Elevii și studenții școlilor și institutelor noastre, însoțiți de profesori, își pregătesc cursurile, lucrînd efectiv în sectoarele demonstrative și experimentale. Astfel lecțiile teoretice, predate în școli, sînt făcute și practic, completînd cunoștințele cadrelor noastre tehnice de specialitate.

Un exemplu îl constituie elevii Centrului școlar mediu „Iosif Rangheț" care fac practică începînd de la diferite aparate și instrumente, electricitate dinamică, curenți alternativi și în general la mașini electrice și termice, desăvîrșindu-și proiectele de diplomă pentru obținerea titlului de tehnicieni.

Am citat, pe scurt, cele expuse în Muzeul electrificării din Parcul Libertății. Muzeul este vizitat de numeroși oameni ai muncii și de elevi ai școalelor tehnice care își îmbogățesc astfel cunoștințele și pornesc de aci însuflețiți, spre noi realizări, spre noi victorii, în drumul nostru spre progres, spre socialism.

E. Pantelimon

ANUARUL HIDROGRAFIC AL R. P. U.

Acest anuar este volumul 58 din seria anuarelor și este publicat de Serviciul hidrografic al Institutului de Cercetări Științifice de Gospodărirea Apelor.

Lucrarea are un format mare și tratează următoarele în 267 pagini și mai multe hărți :

In introducere se descrie organizarea și funcționarea Serviciului Hidrografic care este compus din :

1) observarea și anunțarea nivelelor de ape de suprafață ;
2) observarea nivelului apelor subterane ;
3) hidrometeorologia ;
4) măsurarea debitelor lichide ;
5) măsurarea debitelor solide ;
6) evidența albiilor ;
7) laborator de fizica solului și atelier de încercarea instrumentelor.

Observațiile se comunică de la 252 de mire din cele 257 care compun rețeaua republicană. Despre alte mire în număr de 273, servind pentru studi, se dau numai date sumare. La 26 stațiuni se dau și debitele zilnice. Se mai dau date de la 371 de puțuri, de la 46 puțuri se dau și grafice, iar pentru 8 puțuri se dau medii lunare pentru 8 ani. In cursul anului s-au făcut 705 puțuri noi din care 212 pentru rețeaua republicană, care astfel ajunge la 702 puțuri. Restul puțurilor servește diverselor studii. Numărul puțurilor din evidență este 1 726 din care la sfîrșitul anului au fost sub observație sistematică 1 684.

Din punct de vedere hidrometeorologic au existat 188 stațiuni ce au fost predate la sfîrșitul anului Institutului Meteorologic Republican pentru asigurarea unității observațiilor.

Măsurători de debite au fost executate la 235 rîuri în 331 de amplasamente, în total 2 999 cazuri. Peste acest număr au mai fost executate 531 măsurători la afluenții lacului Balaton.

S-au tarat 61 de instrumente moriști.

Un număr de măsurători pe Dunăre au fost executate împreună cu serviciul apelor cehoslovac. Măsurători de debit solid suspendat și tîrît s-au făcut în 809 cazuri.

La evidența albiilor s-au făcut măsurători pe diversele sectoare ale Dunării și Tisei precum și la 6 baraje, 110 profile pentru observarea aluvionării.

Laboratorul a cercetat 14 673 de probe, din care 4 426 cerneri, 3 730 densimetrii, 397 procedee combinate, 4 132 decantări, 27 determinări de permeabilitate, 55 distilări, 1 252 determinări de index de plasticitate cu aparatul Vasiliev, 110 cercetări cu pipeta după Köhn și 4 alte probe.

In partea principală se dau : nivelele zilnice și caracteristice, frecvența și durata lor. In multe cazuri, profilul mirei, debite zilnice și caracteristice, frecvența lor, cheile limnimetrice, sumele, extremele lunare, repartizările lunare comparative și curba de regim a nivelelor în ordinea corespunzătoare sistemului hidrografic.

Un tabel separat arată regimul de iarnă cu temperatura apei și aerului, iar un alt tabel adîncimile transversalelor cu adîncimile de navigație.

Se dau datele apelor subterane cu curbele respective, grupate în bazine se dau și debitele măsurate ale izvoarelor.

Datele hidrometeorologice sînt prezentate în hărțile izohietelor anuale, anotimpuale și pe perioada de vegetație în valori absolute și comparate cu mediile epocii 1901—1940 și se dă o caracterizare textuală a timpului din anul respectiv.

Pentru 20 stațiuni se dau graficele precipitațiilor zilnice.

Suma precipitațiilor anuale și lunare sînt redate pentru 660 stațiuni, împreună cu datele caracteristice.

Se dau separat ploile torențiale grupate pe zile iar zilele mai abudente chiar în izohiete zilnice.

Situația zăpezii se dă la 40 stațiuni. La 6 stațiuni se dau temperaturile cu medii pe pentade și lunar și comparația cu datele 1901—1930.

Suma temperaturilor pentadice se dă cu comparația lor pe perioada 1901—1950.

Temperatura solului se dă de la 9 stațiuni pînă la 2 m adîncime pe grafice anuale. Pentru Budapesta se dă pînă la 4 m adîncime și comparate cu mediile din 1911—1950.

Durata strălucirii soarelui se dă de la 16 posturi comparat cu durata astronomică și media 1901—1930 cu extremele observate.

Evaporația este dată la 16 stațiuni în sume lunare. Comparația cu date medii a fost posibilă la 12 stațiuni.

In concluzie, acest anuar, dă atît celor din R.P.U. date hidrometeorologice la îndemînă, dar mai dă la îndemîna cercetătorilor deoriunde, date de bază pentru deducții și sinteze.

Notă. *Anuarul R.P.U pe anul 1954 este scos de sub tipar și dat în folosire.*

S. I. VARTAZAROV; **Exploatarea Construcțiilor hidrotehnice ale uzinelor hidroelectrice de derivație.** Traducere din limba rusă, Editura Energetică de Stat, 63 pag., lei 2,75.

Problema exploatării raționale a uzinelor hidroelectrice capătă o însemnătate din ce în ce mai mare, datorită creșterii continue a numărului și puterii acestor uzine. O carte care să trateze această problemă este deosebit de necesară, deoarece proiectanții și constructorii au sarcina să întocmească și proiectul de organizare a exploatării uzinelor hidroelectrice și pînă în prezent nu se cunoaște precis ce trebuie să conțină un astfel de proiect. In limba romînă nu există nici o lucrare care să rezolve această problemă.

„Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice" apărute în 1954 în Editura Energetică de Stat consacră un capitol (cap. XXI cu un cuprins de numai 23 pag.) construcțiilor hidrotehnice. Lipsea însă o carte care să trateze mai complet problema pe înțelesul maiștrilor și muncitorilor constructori ai uzinelor hidroelectrice, dar mai ales al celor din secțiile de exploatare.

Considerăm că broșura recenzată împlinește în cea mai mare parte acest gol.

Cap. I „Uzine hidroelectrice, probleme în legătură cu exploatarea lor" dă în cele 6 paragrafe noțiunile de bază referitoare la tipurile principale de uzine hidroelectrice și la puterea lor, noțiuni despre sistemul energetic, despre componenta construcțiilor hidrotehnice ale acestor uzine, tratează problemele generale de exploatare a uzinelor hidroelectrice și lupta contra pierderilor de debit și presiune.

In §5 se dau regulile de organizare a exploatării, instrucțiunile de ținere a evidenței funcționării și de organizare a reparațiilor.

In § 6 se tratează pe scurt, însă sub toate aspectele, problema pierderilor de debit și presiune, arătîndu-se concret și sarcinile personalului de exploatare.

Cap. II. „Construcțiile hidrotehnice ale captării nodului hidraulic și derivații" este consacrat exploatării captărilor (trecerea viiturilor, depunerea mîlului, lupta contra corpurilor plutitoare și a gheței), exploatarea bazinelor de decantare, exploatarea canalelor de derivație (schimbarea capacității de trecere, înfundare, exploatarea pe timp de iarnă, căptușeala canalelor), exploatarea tunelelor de derivație și a construcțiilor hidrotehnice situate pe derivație.

In cap. III. „Exploatarea construcțiilor hidrotehnice ale nodului de presiune" sînt tratate problemele referitoare la exploatarea camerelor de echilibru (în special lupta contra aluviunilor, a acoperirii cu ghiață a grătarelor, greutățile în perioada de iarnă) exploatarea conductelor forțate (a celor de lemn din punct de vedere al calității materialului și a montajului, a celor de metal, regimul de iarnă) și exploatarea bazinelor de regularizare zilnică.

Un merit al lucrării îl constituie faptul că arată la fiecare problemă sarcinile concrete ale personalului de exploatare și că dă în mod precis și concis rezolvarea problemelor de deosebită importanță legate de exploatarea de iarnă.

Lucrarea nu tratează despre problemele de automatizare a funcționării uzinelor hidroelectrice și nu dă informații referitoare la aparatajul de control și măsurat pentru exploatare și la amplasarea acestuia. In schimb broșura conține un material cuprinzător referitor la problemele de bază ale exploatării, expus în mod simplu și convingător, fără vulgarizare, la un nivel care îl face ușor de înțeles maiștrilor și muncitorilor. Traducerea cursivă contribuie ca lucrarea să fie citită cu plăcere, iar figurile reușit executate ajută la fixarea noțiunilor.

Considerăm că este de datoria inginerilor din exploatarea uzinelor hidroelectrice să popularizeze această broșură și să o pună în mîna maiștrilor și muncitorilor, ea constituind o bună completare a părții respective din prescripțiile de exploatare tehnică ale Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice.

Ing. S. E.

G. M. GOLDENBERG — **„Uzine hidroelectrice cu acumulare prin pompare** G. E. I. Moscova-Leningrad (traducere EES) 1955

Dezvoltarea energeticei sovietice în cadrul cincinalului în curs, caracterizată prin crearea unor noi sisteme energetice puternice în care sînt întrunite uzine hidroelectrice și termoelectrice, cum și crearea de canale și stații puternice de pompare, pun proiectanților probleme noi în legătură cu utilizarea echipamentului uzinelor termoelectrice al uzinelor hidroelectrice fără acumulare și al uzinelor cu acumulare prin pompare.

Problema folosirii economice a echipamentului uzinelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare are în prezent o însemnătate deosebită.

In lucrarea „Uzine hidroelectrice cu acumulare prin pompare", autorul încearcă o sistematizare a materialului documentar din literatura tehnică și referitor la proiectarea uzinelor cu acumulare prin pompare, realizată atît în URSS cît și în alte țări. Este examinată acumularea zilnică și sezonieră, condițiile constructive, componența lucrărilor hidroenergetice etc. în mod sistematic însă în același timp foarte succint.

In primul din cele șase capitole ale cărții, se dau noțiunile generale despre uzinele hidroelectrice cu acumulare prin pompare, tratîndu-se principiile fundamentale ale acumulării hidraulice de energie și arătîndu-se caracteristicile uzinelor cu acumulare în pompare.

In afară de aceasta se mai tratează în acest capitol introductiv, randamentul acumulării hidraulice și se compară acumulatorii hidraulici cu alți acumulatori de energie.

Premizele principale pentru folosirea acumulării hidraulice în sistemele energetice sînt dezvoltate în capitolul al doilea. In acest capitol se arată premizele și legătura cu acumularea zilnică și se arată avantajele de exploatare ale uzinelor hidraulice cu acumulare prin pompare folosind energia electrică din rețea.

Capitolul al treilea al lucrării tratează despre funcționarea uzinelor hidroelectrice cu regularizarea zilnică și a uzinelor cu acumulare prin pompare, cu energie din rețea, (PER) la acoperirea vîrfurilor graficului de sarcină. Capitolul începe printr-o comparare între capacitatea de acumulare a uzinei hidroelectrice cu regularizare zilnică și aceea a uzinei hidroelectrice cu acumulare prin pompare. Se dau apoi caracteristicile capacității de acumulare a uzinelor hidroelectrice cu regularizare, se arată modul de determinare a puterii și capacității de acumulare a uzinelor PER precum și determinarea capacității bazinelor cu acumulare prin pompare cu energie din rețea.

Capitolul al patrulea cuprinde calculele hidroenergetice cu privire la uzinele hidroelectrice cu acumulare prin pompare, cu energie proprie (PEP). Pentru a cunoaște elementele necesare proiectării, se arată volumul bazinelor tampon și se studiează ipotezele în care centrala hidroelectrică utilizează debitul rîului, mărit prin pomparea unui volum suplimentar V din bazinul tampon, de capacitate (R + V) m^3; centrala hidroelectrică ce utilizează debitul nul, mărit prin pompare din bazinul tampon a cărui capacitate este R m^3; se arată funcționarea centralei hidroelectrice cînd durata de pompare din bazinul temporar este limitat. Se dau de asemenea reprezentări grafice pentru durata de pompare maximă admisibilă din bazinul temporar, precum și pentru durata de funcționare a centralei hidroelectrice cu putere totală în regimul de turbine.

In același capitol este dezvoltată ipoteza centralei hidroelectrice care utilizează debitul rîului mărit prin pomparea celui mai mare volum posibil din bazinul temporar de capacitate (R + V) m^3, influența funcționării centralei hidroelectrice din amonte în regim de vîrf asupra funcționării centralei hidroelectrice din aval, funcționarea cu întrerupere a centralei hidroelectrice din amonte și influența asupra producției de energie a centralei hidroelectrice din aval.

Particularităţile construcţiei uzinelor hidraulice cu acumulare PER sînt tratate în capitolul V. Se dau aci schemele de principiu ale construcţiilor uzinelor hidraulice cu acumulare PER şi condiţiile tehnice constructive ale uzinelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare.

Capitolul al şaselea cuprinde paragrafele privitoare la echipamentul principal al uzinelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare cu energie din reţea PER. In acest capitol se dau tipurile principale de agregate pentru hidroacumulare şi se arată domeniul lor de utilizare, compunerea agregatelor hidroeacumulatoare şi amplasarea arborelui, tipurile şi caracteristicile pompelor de hidroacumulare, reglarea pompelor, alegerea numărului de trepte şi a puterii pompei. Sînt descrise turbinele agregatelor hidroacumulatoare, turbine cu contrapresiune, reversibile (pompe turbine) şi cuplaje electromagnetice şi hidraulice.

Prezentată într-o formă succintă, lucrarea se adresează inginerilor şi tehnicienilor care lucrează la proiectarea, construirea şi exploatarea uzinelor hidroelectrice şi poate fi folosită şi de studenţii şcolilor speciale hidrotehnici şi hidroenergetice. Cele 60 de figuri şi bibliografia care însoţesc textul sînt o contribuţie la o mai uşoară însuşire a materialului foarte bogat cuprinsîntr-un volum restrîns.

Ing M. P.

LEVAI ANDRAS: **Centrale termoelectrice**, Vol. I, Editura Industriei Grele, Budapest, 1954.

Acest prim volum al unei lucrări de 3 volume referitoare la centralele termoelectrice, tratează bazele tehnico-economice ale proiectării şi elementele şi structura schemei termice. Al doilea volum va trata sub semnătura aceluiaşi autor instalaţiile termo-mecanice, urmînd ca al treilea volum, pregătit de un colectiv de cunoscuţi specialişti electroenergetici, să se ocupe de instalaţiile electrice ale centralei.

Prima parte a lucrării constă din trei capitole introductive relative la probleme energetice generale: surse de energie, descrierea şi compararea generală a diferitelor centrale electrice, expunerea noţiunilor şi mărimilor caracteristice în producerea energiei şi a consumului ei şi un capitol care tratează ciclurile termice şi gospodărirea căldurii în centrale atît pentru procesele ideale cît şi pentru cele practice. Această parte include şi o scurtă privire de ansamblu asupra evoluţiei centralelor electrice în R.P.U.

Partea doua este dedicată studiului elementelor şi condiţiilor tehnico-economice determinante în proiectarea centralelor. Plecînd de la constatarea că în cheltuielile anuale ale centralelor termoelectrice ordinea de mărime a cheltuielilor fixe, condiţionată de valoarea investiţiilor, corespunde cu cea a cheltuielilor condiţionate de consumul de combustibil, autorul subliniază necesitatea de a se ţine în egală măsură seama de influenţa acestor doi factori în determinarea parametrilor de bază şi proiectarea centralelor. In acest scop este indispensabil folosirea unor indici tehnico-economici de referinţă şi cercetarea concretă a condiţiilor energetice în care vor avea de intervenit centralele proiectate, pentru a putea urmări toate consecinţele economice ale parametrilor şi structurii tehnice alese.

Cele nouă copitole ale acestei părţi tratează în acest sens principiile de bază ale construcţiei de centrale termoelectrice, costul energiei electrice utile livrate de centrala termoelectrică cu pură condensaţie, analiza factorilor determinanţi în formarea preţului de cost şi principiile de bază ale calculelor tehnico-economice, stabilirea aproximativă a planului de exploatare a centralei, stabilirea numărului şi mărimii instalaţiilor principale ale centralei, stabilirea mărimii economice şi amplasamentului centralei, probleme tehnico-economice la centrale termoelectrice speciale (cu cicluri suprapuse de înaltă presiune sau centrale de termoficare), repartiţia cheltuielilor între energia electrică şi căldura produsă în centralele de termoficare, influenţa noilor centrale asupra sistemului energetic.

Partea treia tratează elementele şi structura schemelor termice ale centralelor. Tratarea se face întîi pentru ciclul ideal şi apoi pentru condiţiile reale care rezultă din consideraţiile tehnico-economice expuse anterior. Capitolele respective sînt intitulate: preîncălzirea în ciclu regenerativ a apei de alimentare a cazanelor de abur, parametrii aburului, supraîncălzirea intermediară a aburului, intercalarea degazorului în schema termică, pierderi de abur şi condensat în centrală, acumulatoare de căldură, intercalarea turbinelor auxiliare în schema termică, schema termică a centralelor de termoficare, consideraţii recapitulative asupra calculului schemelor termice, aprecierea capacităţii de transformare a căldurii în lucru mecanic şi creşterea de entropie în centrale, ultimele considerate atît în general cît şi pentru elementele schemei termice în special.

O bibliografie citînd peste 100 de surse şi trei diagrame în culori: *i-s*, *t-s* şi *t-i* pentru abur pînă la 600°C încheie lucrarea.

Cartea este scrisă la un nivel superior şi bazată pe un bogat material documentar, atît bibliografic cît şi din practica autorului, profesor la Şcoala Politehnică din Budapesta şi conducător al unui mare Institut de proiectare de centrale termoelectrice. In afară de faptul că problemele sînt tratate în lumina şi la nivelul actual al tehnicii mondiale, ele nu sînt tratate izolat ci — şi aceasta constituie linia directoare a întregii lucrări — întotdeauna din punctul de vedere al ansamblului economiei naţionale. Totodată autorul aduce o contribuţie personală importantă în prezentarea adecvată a materialului corespunzător şi realizează prin capitolele care constituie partea a doua a cărţii, o reuşită grupare de material şi consideraţii tehnico-economice, neîntîlnită încă sub această formă în literatura de specialitate.

Prezentarea grafică a lucrării este de asemenea de relevat, atît în ceea ce priveşte calitatea hîrtiei şi a tiparului, cît şi execuţia deosebit de îngrijită a numeroaselor figuri.

Lucrarea care conţine peste 500 pagini şi 400 figuri a fost concepută în primul rînd ca manual pentru studenţi; totuşi, prin adăogarea unui important număr de tabele şi diagrame, cadrul ei a fost astfel extins încît poate fi foarte bine folosită atît de inginerii proiectanţi şi constructori de centrale cît şi de inginerii de exploatare respectivi.

Dat fiind calităţile mai sus relevate, sugerăm publicarea acestei lucrări într-o traducere adecvată şi la noi în ţară.

Ing. I. D. Stăncescu

REVISTA „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice • Redacţia: Bucureşti, str. Ioan Ghica nr. 3. Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 ii 3.07.30 • Administraţia şi Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raionul I. V. Stalin • Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 • Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale de la oraşe şi sate, prin factorii poştali la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi la *sediul Redacţiei din str. Ioan Ghica nr. 3* Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual; Preţul unui exemplar: lei 5.

ACADEMIA REPUBLICII POPULARE ROMÎNE

INSTITUTUL DE STUDII ROMÎNO-SOVIETIC

editează:

BULETIN DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ *apare săptămînal și cuprinde:*
A) *Conținutul în rezumat al principalelor articole, selectionate din toate revistele științifice sovietice, intrate în ultima săptămînă în Biblioteca Institutului.*
B) *"Noutăți științifice și tehnice"* C) *Cronica vieții științifice din U.R.S.S.*
D) *Lista traducerilor efectuate de Institut în ultima săptămînă.*
E) *Sumarele principalelor periodice științifice sovietice recent intrate în U.R.S.S.*
F) *Lista publicațiilor Institutului, apărute în ultima săptămînă.*

REVISTE DE REFERATE *asupra materialelor sovietice, (apar în 11 serii) Cuprind rezumatul tuturor lucrărilor științifice apărute în presa de specialitate sovietică, în domeniile: MATEMATICĂ-FIZICĂ, CHIMIE, BIOLOGIE, AGRICULTURĂ, ZOOTEHNIE-MEDICINĂ VETERINARĂ, MEDICINĂ GENERALĂ, ȘTIINȚE MEDICO-BIOLOGICE, CHIRURGIE, IGIENA ȘI ORGANIZAREA SANITARĂ, PEDAGOGIE-PSIHOLOGIE ȘI ISTORIE.*

CULEGERE DE REFERATE *din literatura sovietică de specialitate (apare în 6 serii) Cuprinde în rezumat materialele selectionate din reviste științifice sovietice de specialitate, în domeniile: ARHITECTURĂ-CONSTRUCȚII, METALURGIE, SILVICULTURĂ ȘI INDUSTRIA LEMNULUI, CELULOZEI ȘI HÎRTIEI, MINERIT, INDUSTRIA ALIMENTARĂ.*

ANALELE ROMÎNO-SOVIETICE *(apar în 16 serii) Prezintă articole și studii traduse din literatura științifică sovietică și articole ale oamenilor de știință din țara noastră, în următoarele domenii: BIOLOGIE, AGRICULTURĂ, SILVICULTURĂ-INDUSTRIA LEMNULUI ȘI A HÎRTIEI, GEOLOGIE-GEOGRAFIE, ZOOTEHNIE-MEDICINA VETERINARĂ, MEDICINĂ GENERALĂ, PEDIATRIE, IGIENA ȘI ORGANIZAREA SANITARĂ, CHIRURGIE, MATEMATICĂ-FIZICĂ, CHIMIE, METALURGIE-CONSTRUCȚII DE MAȘINI, FILOZOFIE, ECONOMIE, PEDAGOGIE-PSIHOLOGIE, ISTORIE.*

BIBLIOTECA ANALELOR ROMÎNO-SOVIETICE *Culegeri de studii din literatura științifică de specialitate sovietică, axate pe o problemă specială. Apare în trei serii: MEDICINĂ, TEHNICĂ, AGRICULTURĂ.*

REVISTE SOVIETICE TRADUSE ÎN LIMBA ROMÎNĂ
KOMMUNIST
PROBLEME FILOZOFICE (*Voprosi Filozofii*)
PROBLEME ECONOMICE (*Voprosi Ekonomikii*)
PROBLEME DE ISTORIE (*Voprosi Istorii*)
STATUL ȘI DREPTUL SOVIETIC (*Sovetscoe Gosudarstvo i Pravo*)

Abonamentele se fac la Oficiile poștale, prin factorii poștali și difuzorii voluntari din întreprinderi și instituții.

LEI 5

E.2039
1
KAT

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

9

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREŞTI

SUMAR

Pag.

* * *: La intrarea în funcțiune a laboratorului de cercetări hidrotehnice al Ministerului Transporturilor Navale și Aeriene . . . 393
I. Săbău: Fenomene de coroziune la cazanele de abur și explicația lor 395
C. Goldemberg: Determinarea parametrilor economici pentru rețelele de termoficare cu apă fierbinte 403
E. Costin: Inlocuirea bateriilor de acumulatoare în centralele și stațiile electrice . . . 410
P. Wisner: Contribuție la dimensionarea conductelor de aerare ale golirilor de fund . . 415
A. Filotti: Probleme ale galeriilor de aducțiune brute 421

ÎN AJUTORUL CELOR DIN PRODUCȚIE

I. Adămuț: Manevre greșite cu separatoare în instalațiile electrice 429
L. Veisman: Gradarea indicatoarelor nivelului de ulei 432

PENTRU NOILE CADRE

D. Pavel: Utilizarea transformatoarelor hidraulice 434
RECENZII 438

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

* * *: К открытию лаборатории гидротехнических исследований Министерства водного и воздушного транспорта 393
И. Сэбэу: Процессы коррозии паровых котлов и их объяснение 395
К. Голдемберг: Определение экономических параметров тепловых сетей горячей воды 403
Е. Костин: Замена аккумуляторных батарей на электрических станциях и подстанциях 410
П. Виснер: К расчету вентиляционных воздуховодов донных водоспусков 415
А. Филотти: Вопросы неотделанных водозаборных галлерей 424

В ПОМОЩЬ ПРОИЗВОДСТВЕННИКАМ

И. Адэмуц: Неправильные действия разъединителями в электроустановках . . . 429
Л. Вайсман: Градуировка указателей уровня масла 432

НОВЫМ КАДРАМ

Д. Павел: Использование гидравлических трансформаторов 434
РЕЦЕНЗИИ 438

SOMMAIRE

Pag.

* * *: A la mise en fonction du Laboratoire des Recherches Hydrotechniques du Ministère des transports navals et aériens . . 393
I. Săbău: Phénomènes de corrosion dans les chaudières à vapeur 395
C. Goldenberg: La détermination des paramètres economiques pour les réseaux de chauffage à distance à eau chaude 403
E. Costin: Le remplacement des batteries d'accumulateurs dans les centrales etles stations électriques 410
P. Wisner: Contribution au choix des dimensions des conduites d'aération des bondes de fond 415
A. Filotti: Problèmes concernant les galleries brutes d'adduction 424

A L'AIDE DES CEUX DE LA PRODUCTION

I. Adămuț: Manoevres erronnées des séparateurs dans les installations électriques . . 429
L. Veisman: La graduation des indicateurs de niveau d'huile 432

POUR LES NOUVEAUX CADRES

D. Pavel: L'utilisation des transformateurs hydrauliques 434
REGENSIONS 438

INHALTSVERZEICHNIS

Pag.

* * *: Gelegentlich der Inbetriebsetzung des hydrotechnischen Forschungslaboratoriums des Ministeriums für See- und Luftverkehr 393
I. Săbău: Korrosionserscheinungen bei Dampfkesseln und deren Erklärung 395
C. Goldenberg: Bestimmung der wirtschaftlichen Grössen für Fernheiznetze mit Heisswasser 403
E. Costin: Ersatz von Akkumulatorenbatterien in Kraftwerken und elektriskhen Anlagen . 410
P. Wisner: Beitrag zur Bemessung der Belüftungsrohrleitungen der Grundablässe . . . 415
A. Filotti: Fragen über rohe Zuführungsstollen 424

HILFE FUER DIE IM BETRIEB

I. Adămuț: Fehlerhafte Betätigung der Trennschalter in elektrischen Anlagen 429
L. Veisman: Gradeinteilung der Oelstandanzeiger 432

FUER DIE NEUEN KADER

D. Pavel: Verwendung von hydraulischen Transformatoren 434
BUECHERSCHAU 438

E2039
2

Országos Mézeshi Könyvtár TULAJDONA

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

III ★ 1955 ★ Nr. 9 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Országos Mézeshi Könyvtár TULAJDONA

Institutul de Documentare Tehnică BUCUREŞTI OBMIEN - CSERE VYMENA - WYMIANA TAUSCH - CAMBIO

LA INTRAREA IN FUNCŢIUNE A LABORATORULUI DE CERCETĂRI HIDROTEHNICE AL MINISTERULUI TRANSPORTURILOR NAVALE ŞI AERIENE

De curînd a intrat în funcţiune una din cele mai mari organizaţii din ţara noastră pentru studiul şi cercetarea lucrărilor hidrotehnice, Laboratorul de cercetări hidrotehnice al Ministerului Transporturilor, Navale şi Aeriene. Acest eveniment are o deosebită importanţă în ridicarea nivelului ştiinţific al muncii cercetătorilor şi proiectanţilor hidrotehnicieni, în îmbunătăţirea condiţiilor tehnice şi economice a importantelor şi variatelor construcţii hidrotehnice în curs de studiu, proiectare şi executarea la noi în ţară. El constituie o nouă afirmare a politicii juste a Partidului şi Guvernului nostru care, urmînd în mod consecvent învăţătura marxist-leninistă şi aplicînd în condiţiile ţării noastre experienţa înaintată a Uniunii Sovietice, au luat cele mai largi măsuri pentru desvoltarea cercetărilor ştiinţifice şi aplicarea tehnicii noi în practica construcţiilor noastre inginereşti.

In proiectarea construcţiilor cu caracter hidrotehnic apar deseori probleme grele care, din cauza numărului mare de parametri care nu pot fi prinşi în calcul sau pentru a căror definire metodele de investigare-teoretice şi experimentale sînt insuficiente, nu pot fi rezolvate decît pe cale experimentală, prin încercări de laborator. In astfel de situaţii, în lipsa studiilor experimentale, singură intuiţia constructorului, bazată pe o experienţă îndelungată şi pe un studiu amănunţit al comportării construcţiilor existente, asemănătoare, poate duce la soluţionarea problemei. Dacă se are în vedere volumul mare de investiţii pe care-l reprezintă de obicei construcţiile hidrotehnice mai importante, este uşor de înţeles că intuiţia singură, folosirea exclusivă a metodelor empirice, nu numai că sînt insuficiente, dar că ele conduc la riscuri inadmisibile.

Uvraje ca: dispatorii de energie, barajele deversoare, ecluzele, amenajările acvatoriilor fluviale şi maritime digurile şi epiurile de regularizare, prizele de apă pentru cele mai diverse folosinţe — toate acestea nu se pot proiecta sigur şi economic fără studii şi încercări minuţioase de laborator hidrotehnic, duse la un înalt nivel ştiinţific. Sînt numeroase exemple cînd asemenea lucrări executate la noi fără încercări în laborator — înainte de 1944 majoritatea lucrărilor hidrotehnice au fost executate în acest fel — au fost compromise, sau nu au dat rezultatele scontate. Este concludentă în special situaţia numeroaselor prize de apă împotmolite, pentru întreţinerea cărora sînt necesare lucrări continue şi costisitoare; la fel se petrec lucrurile cu amenajările hidrotehnice ale unei serii de porturi fluviale.

Dezvoltarea deosebită a construcţiilor hidrotehnice la noi în ţară după 1944, creşterea necontenită a volumelor de lucrări şi necesitatea imperioasă a creşterii nivelului calitativ a făcut necesară atacarea problemelor hidrotehnice cu mijloacele tehnice cele mai noi. In proiectare a început introducerea normelor tehnice şi metodelor sovietice, iar construcţiile mai importante au început să fie dimensionate pe baza rezultatelor obţinute prin încercările de laborator. In toate cazurile în care construcţiile au fost cercetate în laborator, soluţiile au fost simţitor îmbunătăţite, uneori aducîndu-li-se modificări radicale. In legătură cu această activitate s-au

dezvoltat o serie de laboratoare hidraulice ca Laboratorul de maşini hidraulice N. E. Jucovski de pe lîngă Facultatea de Mecanică din Timişoara, Laureat al Premiului de Stat, Laboratorul hidrotehnic al Politehnicii din Bucureşti, ş. a.

Odată cu punerea în funcţiune a laboratorului de cercetări hidrotehnice al M.T.N.A., dotarea hidrotehnicii din R.P.R. se îmbogăţeşte cu o nouă şi importantă bază materială pentru încercările de laborator, bază care prin proporţiile sale poate fi comparată cu majoritatea institutilor moderne de acest fel de peste hotare.

O hală de încercări de 2000 m² permite realizarea de modele de albii şi acvatorii dintre cele mai mari, precum şi un număr important de modele pentru cele mai diferite obiecte. O altă haiă de 750 m² este prevăzută printre altele şi cu instalaţii pentru tararea dispozitivelor de măsurare a debitelor şi vitezelor. Această a doua hală este destinată încercărilor tematice precum şi realizării unor modele mai mici.

Ateliere puternic utilate şi bine încadrate asigură complet construcţia modelelor şi dispozitivelor şi asigură toate modificările necesare pe parcursul încercărilor. O grupă specială de muncitori şi tehnicieni este însărcinată cu realizarea aparatelor pentru măsurătorile de precizie. O staţie de pompare cu echipament bogat permite alimentarea cu debitele necesare unui mare număr de modele lucrînd simultan.

Pentru inginerii cercetători, tehnicieni şi muncitori s-a amenajat un corp de clădire care în afară de birourile de cercetare conţine o bibliotecă încăpătoare şi o sală de proiecţii.

In afară de aceasta, se prevede construirea în viitorul apropiat a unui corp pentru laboratoarele de geotehnică, materiale de construcţii hidrotehnice, precum şi a unui bazin pentru încercarea navelor. Se vor ridica pe teritorlul laboratorului un număr de apartamente pentru salariaţi şi se va amenaja o bază sportivă.

Printre sarcinile care stau în faţa Laboratorului hidrotehnic al M.T.N.A. se situează în primul rînd rezolvarea problemelor puse de organizaţiile de proiectare şi execuţie ale diferitelor departamente, precum şi ridicarea nivelului tehnico-ştiinţific al proectării prin generalizarea rezultatelor obţinute pe modele de laborator. Este de la sine înţeles că activitatea laboratorului va aduce o importantă contribuţie la viaţa ştiinţifică a Republicii noastre. O serie de probleme au şi început să fie studiate. Astfel sînt în curs de cercetare: regularizarea unui sector fluvial al Dunării, important pentru navigaţie, încercarea hidraulică a unor uvraje ale uzinei hidroelectrice „V. I. Lenin" de la Bicaz, încercări pentru o priză de apă pentru irigaţii, încercări pentru diferite probleme hidraulice ale unui baraj în arc, înalt de 50 m.

Colectivul Laboratorului este alcătuit din oameni tineri, însă uniţi şi entuziaşti; el va trebui să participe activ la proiectarea şi prin aceasta la îmbunătăţirea nivelului calitativ al construcţiilor hidrotehnice ce se vor construi la noi în ţară, va trebui ca prin activitatea lui să asigure partinitatea în opera de cercetare hidrotehnică, va trebui să creeze condiţii optime pentru creşterea unor noi cadre de specialişti. Cu sprijinul şi sub îndrumarea unor specialişti încercaţi cum sînt Acad. E. Carafoli, Prof. Cristea Mateescu, Membru Coresp. Academia R.P.R. şi alţii, prin munca lor plină de elan, ei vor şti să răspundă cu cinste sarcinilor care le stau în faţă.

Colectivul de redacţie al revistei Energetica şi Hidrotehnica urează Colectivului Laboratorului de cercetări hidrotehnice al M.T.N.A. spor la muncă şi succese în activitatea sa.

Fenomene de coroziune la cazanele de abur şi explicaţia lor

Ing. I. SĂBĂU

Articolul expune fenomenele de coroziune la cazanele de abur. Se insistă asupra fenomenului coroziunii datorit gazelor din apă; tabele şi figuri uşurează înţelegerea teoretică a fenomenului.

Coroziunea suprafeţelor interioare ale cazanelor de abur este un fenomen complex prin care se înţelege efectul distrugător ce se produce în urma reacţiilor chimice dintre metal şi mediul înconjurător, începînd de la suprafaţa lui şi propagîndu-se înspre straturile mai adînci.

Trebuie să se facă deosebire între coroziune şi eroziune; aceasta din urmă se datoreşte distrugerii superficiale a metalului cauzată de un efect mecanic, spre exemplu distrugerea paletelor unei turbine sub acţiunea aburului umed sau a rotoarelor pompelor de alimentare sub acţiunea apei (fenomenul de cavitaţie).

Procesul coroziunii prin acţiunea diferiţilor oxidanţi se datoreşte faptului că în mod obişnuit metalele se găsesc în natură oxidate sub formă de minereuri, care formează starea lor stabilă; extrase din ele prin reducere, metalele ajung astfel într-o stare nestabilă. Reiese de aici că metalele au tendinţa să se combine cu oxigenul sau cu alte elemente pentru a reveni la starea de stabilitate maximă.

După natura fenomenelor care provoacă atacul metalelor se deosebesc două tipuri de coroziune:

— Coroziunea chimică datorită afinităţii metalelor faţă de substanţele ce se găsesc în mediul înconjurător;

— Coroziunea electro-chimică efect al formării forţelor electromotoare între metale şi electroliţi.

Viteza şi modul în care decurge coroziunea depinde de o serie de factori după cum urmează:

a) Structura metalului, starea suprafeţei, impurităţi.

b) Compoziţia chimică a mediului de contact.

c) Solubilitatea, aderenţa şi structura produselor de coroziune.

d) Condiţiile în care se dezvoltă coroziunea: temperatura, viteza de mişcare a mediului, etc.

Coroziunea chimică

Coroziunea chimică rezultă din reacţia chimică directă a mediului înconjurător asupra suprafeţei metalului. Exemple tipice în acest sens le formează oxidarea fierului la temperaturi înalte, coroziunea palierelor unei maşini datorită acidităţii libere a lubrefiantului utilizat sau coroziunea ţevilor cazanului datorită descompunerii apei din cauza unei suprasolicitări chimice.

Oţelul ţevilor de cazan este corodat aproape uniform la temperatura din focare, pe suprafeţele exterioare, iar acest fenomen este agravat de prezenţa vaporilor de apă şi a bioxidului de sulf, după cum reiese din cifrele de mai jos:

Atmosfera	Coroziunea g/m² h	Coroziunea relativă
— Aer obişnuit	23,8	100
— Aer obişnuit + 2% SO_2	27,5	115
— Aer obişnuit + 5% SO_2 + + 5% H_2O	63,5	266
— Aer obişnuit + 5% CO_2 + 5% H_2O	41,8	176

Din cele de mai sus reiese că, atunci cînd un cazan este forţat să funcţioneze avînd o ţeavă spartă prin care apa pătrunde în focar, coroziunea exterioară a ţevilor este mult mai accentuată.

Coroziunea electrochimică

Cele mai multe aspecte ale coroziunii au putut fi explicate pe considerente electrochimice şi cercetările experimentale recente au dovedit că aproape în toate cazurile, afară de cele menţionate mai sus, coroziunea este un proces electrochimic.

Deoarece acest fel de coroziune produce cele mai mari neajunsuri vom insista îndeosebi asupra lui; la sfîrşit vom trata şi celelalte feluri de coroziuni; cea intercristalină şi cea selectivă.

Forma sub care se prezintă coroziunea electrochimică este bine cunoscută în exploatare, şi s-au ivit multe neajunsuri din cauza ei la cazanele din centralele electrice. Apectul lor este de forma unor pete sau a unor găuri, a căror mărime şi adîncime variază în funcţie de intensitatea procesului.

Scoaterea din funcţiune a cazanului se produce atunci cînd din cauza subţierii peretelui ţevii rezistenţa sa mecanică scade sub limita corespunzătoare presiunii din interiorul ei, fapt care duce la spargerea ţevii la locul slăbit.

Locurile unde se produc aceste găuri sînt de preferinţă zonele de îmbinare prin sudură ale ţevilor şi părţilor acoperite de o pojghiţă

de piatră. Care sînt cauzele datorită cărora aceste locuri sînt mai vulnerabile, se va arăta mai jos.

O caracteristică a coroziunii electrochimice este condiționarea ei de o neomogenitate în masa metalului sau a electrolitului cu care vine în contact. Astfel sînt impuritățile din metal, diferența de concentrație, prezența a două metale diferite, prezența a două medii diferite, diferența de difuziune, diferența de viteză în mișcarea mediului, diferența de aerare. Toate acestea creează după cum se va vedea mai tîrziu — diferențe de potențial și deci curenții electrici care produc coroziunea prin transportul ionilor de metal. De aici rezultă că metale pure și perfect omogene se corodează greu, ceea ce este absolut exact fiind dovedit în mod experimental.

In cele ce urmează vom expune cum evoluează mecanismul intim al coroziunii electrochimice și în acest scop, vom face apel la unele noțiuni din domeniul chimiei fizice.

Atomii fiecărui element sînt formați dintr-un nucleu avînd un număr de sarcini electrice pozitive, înconjurat de electroni în număr egal cu sarcinile pozitive ale nucleului, lucru care face ca atomul să fie neutru din punct de vedere electric.

Sub acțiunea unui cîmp electric, a căldurii sau a unei interacțiuni chimice, atomii pot pierde sau cîștiga un electron, ceea ce face ca el să primească un caracter electric fie negativ, fie pozitiv. Procesul poartă numele de ionizare și se poate reprezenta schematic astfel:

$$A - C^- = A^+ \qquad A + C^- = A^-$$

Acest fenomen, se întîmplă ori de cîte ori se dizolvă o sare în apă, fără nici o altă intervenție dinafară, datorită numai influenței moleculelor puternic polare ale apei; el se numește disociație electrolitică și se poate reprezenta în felul următor:

$$AB \rightleftarrows A^+ + B^-.$$

Disociația electrolitică este bine studiată și s-a stabilit că ionii liberi, întocmai ca orice altfel de molecule iau parte la reacții chimice, proporțional cu concentrațiile lor, fapt care permite aplicarea legii maselor:

$$\frac{A^+ \cdot B^-}{AB} = K.$$

Echilibrul se atinge instantaneu, K fiind constanta de disociere. Gradul de disociere al moleculelor sării este favorizată de o creștere a volumului apei, deci a diluției, iar constanta de disociere crește în funcție de temperatura soluției.

Se poate modifica echilibrul dintre ionii disociați în sensul măririi unuia sau celuilalt, prin introducerea în soluție a unei substanțe care, prin disociere, va forma ioni dintre care unul este comun cu cei aflați în soluție.

Este un fapt știut că numai apa care conține o sare capabilă să se disocieze este bună conducătoare de electricitate. Prin purificarea progresivă a apei, conductibilitatea ei scade pînă atinge o valoare constantă, oricît am purifica mai departe apa, conductibilitatea ei nu mai scade. Acest lucru duce la concluzia că însăși apa este un foarte slab electrolit, ale cărei molecule sînt discociate într-o foarte mică măsură conform egalității:

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

Aplicînd legea maselor avem:

$$\frac{H^+ \cdot OH^-}{H_2O} = K$$

unde K este constanta de disociere. Dacă ținem seama că numărul de molecule disociate este extrem de mic față de cele nedisociate, putem considera pe H_2O constant fără a face vreo eroare și putem introduce concentrația moleculelor nedisociate în constantă:

$$H^+ \cdot OH^- \cdot K \cdot H_2O \text{ — Produs ionic.}$$

In apa perfect neutră $H^+ = OH^-$ așa că $(H^+)^2 = (OH)^2 = K$ sau $H^+ = OH^- = K$.

Valoarea lui K a fost determinată ca fiind la 23°C egală cu $1 \cdot 10^{-14}$, dar această valoare variază foarte mult cu temperatura după cum reiese din tabela 1.

Tabela 1

Constanta de disociere a apei, în funcție de temperatură

°C	$K_{apă}$	$c_{H^+} = c_{OH^-}$	pH
0	$1{,}139 \cdot 10^{-75}$	$3{,}38 \cdot 10^{-8}$	7,972
18	$5{,}702 \cdot 10^{-15}$	$7{,}64 \cdot 10^{-8}$	7,117
25	$1{,}008 \cdot 10^{-14}$	$1{,}004 \cdot 10^{-7}$	6,999
50	$5{,}474 \cdot 10^{-14}$	$2{,}339 \cdot 10^{-7}$	6,631
100	$5{,}9 \cdot 10^{-13}$	$7{,}7 \cdot 10^{-7}$	6,12

De aici rezultă că la 23°C concentrațiile ionilor de H^+ și OH în apă vor fi de $1 \cdot 10^{-7}$, adică într-un litru de apă există a zeceamilioana parte dintr-un ion gram. Acest număr este extrem de mic dar totuși se poate defini exact.

Dacă apa conține un acid, acesta va pune în libertate ioni de H. Introducerea unui ion comun cu al apei va produce o micșorare a gradului de disociere a ei și deci va scădea numărul de ioni oxidril pentruca valoarea lui K să rămînă constantă. Dacă se adaugă o bază, atunci crește concentrația ionilor oxidril și scade concentrația ionilor de hidrogen, ca astfel totdeauna să fie satisfăcută egalitatea $H^+ \cdot OH^- = K$.

Rezultă deci că:

$$H^+ = \frac{K}{OH^-} \text{ iar } HO^- = \frac{K}{H^+}$$

și ca atare este suficient a indica numai concentrația unuia din ioni pentru a deduce imediat concentrația celuilalt.

Aciditatea sau alcalinitatea unei soluții se poate defini în funcție de concentrația ionilor de hidrogen.

Concentrația se notează cu pH și este logaritmul în baza 10 al concentrației ionilor de H luat cu semnul schimbat.

$$p\text{H} = \log\ 10^{-p} = p\ \log\ 10 = p$$

astfel aciditatea și alcalinitatea unei soluții variază astfel:

$$\text{neutru} : p\text{H} = 7$$

$$\text{acid} : p\text{H} < 7$$

$$\text{alcalin} : p\text{H} > 7$$

Este de menționat că relația de neutralitate $p\text{H} = 7$ este valabilă numai la temperatura de 23°C. Reacția $H_2O \leftrightarrows H^+ + OH^-$ fiind endotermă ($Q = -13\,600$ cal/mol) odată cu creșterea temperaturii echilibrul se deplasează spre dreapta.

Dacă un metal este scufundat în apă, s-ar părea că în acest caz nu se produce nici un fenomen chimic, ceea ce nu este exact. Toate metalele au tendința mai mult sau mai puțin accentuată de a disolva în apă un număr oarecare din cationii lor. Astfel unele metale ca de exemplu cele alcaline chiar la rece reacționează violent cu apă formînd hidroxizi și punînd în libertate hidrogen conform reacției:

$$Me^+ + OH^- + H^+ = MeHO + H^+$$

Unii dintre atomii de metal care formează rețeaua cristalină a metalului, au cîte un electron semiliber datorită cărora metalele sînt bune conducătoare de electricitate fără ca legătura dintre acest electron și ion-atomul de metal să se rupă complet, deoarece în acest caz el s-ar transforma în ion obișnuit.

Ion-atomii de la suprafața metalului, datorită faptului că suferă numai atracția electrostatică unilaterală a celorlalți ioni din masa metalului, se pot desprinde mai ușor din rețea datorită energiei care se pune în libertate prin hidratarea lor. Cu cît energia eliberată prin hidratarea atomilor superficiali este mai mare decît forța de legătură între ionii și electronii din metal, cu atît procesul trecerii metalului în soluție este mai accentuat.

Electronii nu se hidratează și nu pot să treacă în soluție, dar ei rămîn în metal și-i dau sarcina electrică negativă.

Valoarea diferenței de potențial care se stabilește între metal și soluția în care a fost scufundat, se poate calcula cu ajutorul formulei lui Nernst:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{RT}{nF} \ln \cdot C,$$

Unde ε este potențialul metalului, ε_0 potențialul normal iar C este concentrația soluției în ionii metalului în mol/l.

Cînd $C = 1$ atunci $\varepsilon = \varepsilon_0$ iar cînd $C = 0$ valoarea lui tinde către ∞.

Inlocuind în formulă valorile respective obținem:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{8{,}314 \cdot 291}{n \cdot 96 \cdot 500} \cdot 2{,}303\ \log\ C$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{0{,}058}{n}\ \log\ C \qquad \text{temp} = 18°\text{C}$$

Pentru ca să poată fi definit ε_0 a fost nevoie să se aleagă în mod convențional un potențial zero. S-a ales drept potențial zero, potențialul electrodului de hidrogen. Acest electrod este format dintr-o placă de platină acoperită cu un precipitat proaspăt de negru de platină saturat cu hidrogen la presiunea de 760 mm coloana Hg și la temperatura de 25°C.

Potențialul acestui electrod de hidrogen față de o soluție cu o concentrație normală ($N/1$) în ioni de hidrogen se consideră a fi egală cu zero.

Potențialele metalelor față de acest electrod, măsurate într-o soluție cu o concentrație normală ($N/1$) în ionii metalului respectiv, pot fi pozitive sau negative și sînt reprezentate în tabela 2.

Tabela 2

Potențialele normale ale unor cationi

Metalul	Ioni	Potențialul V
Aur	Au^{3+}	+ 1,5
Mercur	Hg^{2+}	+ 0,86
Argint	Ag^{2+}	+ 0,80
Cupru	Cu^{2+}	+ 0,51
Cupru	Cu^{3+}	+ 0,34
Bismut	Bi^{3+}	+ 0,23
Hidrogen	$2H^{2+}$	— 0,00
Plumb	Pb^{2+}	— 0,12
Staniu	Sn^{2+}	— 0,10
Nichel	Ni^{3+}	— 0,22
Cobalt	Co^{2+}	—0,29
Cadmiu	Cd^{2+}	—0,40
Fier	Fe^{2+}	—0,43
Crom	Cr^{2+}	—0,56
Zinc	Zn^{2+}	—0,76
Mangan	Mn^{2+}	—1,00
Aluminiu	Al^{3+}	—1,34
Magneziu	Mg^{2+}	—2,70
Sodiu	Na	—2,71
Potasiu	$K+$	—2,92
Litiu	$Li+$	—2,96

Dacă s-ar construi un element galvanic din două metale cufundate într-o soluție normală a ionilor lor, semnul sarcinilor electrozilor va fi determinat de poziția relativă a acestor metale în seria de tensiuni.

Locul pe care metalele îl ocupă în tabela seriei de tensiuni ne dă indicații și asupra stabilității lor, deoarece cu cît sînt așezate spre sfîrșitul seriei negative, cu atît crește tendința de a trimite ioni în soluție.

In regiunile anodice metalul va trece deci în soluție sub formă de ioni încărcați pozitiv, iar electronii eliberați la anod trec spre regiunile catodice, unde descarcă ionii încărcați pozitiv ai electrolitului.

In cazul fenomenelor de coroziune la cazane, acest cation este hidrogenul. Degajarea H după ce ionul a primit electronul necesar ca să se transforme în atom de H, este condiționat de proprietățile metalului. Astfel considerînd doi electrozi de platină cufundați într-o soluție avînd o concentrație normală în ioni H și aplicînd asupra lor o tensiune crescîndă, atunci la catod se va acumula H și acest electrod devine saturat cu H cînd micșorînd potențialul, valoarea sa devine egală cu zero.

Dacă potențialul de la suprafața catodului scade mai departe, platina devine suprasaturată și începe degajarea H sub formă de bule. La un catod de platină această degajare de H începe imediat ce potențialul său este coborît cu foarte puțin sub zero, dar la celelalte metale potențialul trebuie coborît mult sub valoarea de echilibru pentru a obține degajarea de hidrogen.

Diferența aceasta de potențial față de valoarea de echilibru, necesară pentru a obține degajarea hidrogenului, se numește suprapotențial.

Trebuie menționat însă că suprapotențialul este cu atît mai mic cu cît crește temperatura.

Tabela 3 arată valori de orientare pentru suprapotențialul diferitelor metale.

Tabela 3

Suprapotențialul necesar pentru degajarea de hidrogen în soluții acide

Platină platinată	0,005 volți
Platină lucie	0,09 „
Aur	0,02 „
Argint	0,15 „
Nichel	0,21 „
Cupru	0,23 „
Cadmiu	0,49 „
Staniu	0,53 „
Plumb	0,64 „
Zinc	0,70 „
Mercur	0,78 „

Pe baza celor expuse trecem acum la descrierea felului în care decurge coroziunea electrochimică.

S-a spus mai înainte că metalele pure cu o structură perfect omogenă din punct de vedere fizic și chimic sînt greu atacate chiar de soluțiile acide. Pe suprafața metalelor care conțin însă impurități formate din sguri, oxizi, carburi sau prezintă diferențieri de structură cristalină, vor apare un număr de microelemente între care va începe imediat o circulație de curent.

Tensiunile mecanice inițiale din metal, care apar în urma prelucrării lui (îndoire, stanțare) sau solicitările mecanice datorite diferențelor de temperatură, contribuie și ele la schimbarea omogenității energetice a suprafeței metalului, în sensul că locurile solicitate devin anozi față de restul suprafeței.

Prezența a două metale diferite contribuie și ea la formarea de elemente locale în care sensul curentului este de la metalul mai electronegativ (anod) la cel mai electropozitiv (catod).

Modul în care fierul poate fi anod sau catod în funcție de poziția ocupată în seria tensiunilor de electrod față de un metal cu care este în contact, se poate vedea din fig. 1 care reprezintă protecția fierului printr-un strat de staniu și zinc.

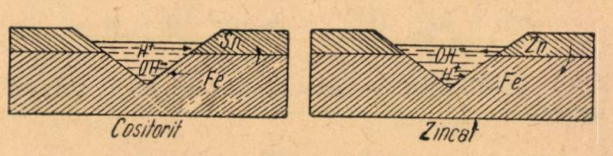


Fig. 1. Protecția fierului printr-un strat de staniu și zinc (După Chireev)

Presupunînd că în stratul protector intervine o discontinuitate și ambele metale vin în contact cu apa, cel mai electronegativ va avea o tendință mai mare de dizolvare și astfel devine anod față de fier. Acesta este cazul fierului zincat, cînd fierul care primește electronii liberi din stratul de zinc ca să descarce ionii de hidrogen rămîne intact atîta timp cît este zinc pe suprafața lui.

In cazul fierului cositorit, procesul se va desfășura invers. Față de Sn fierul este mai electronegativ, deci el va fi cel care trimite ioni în apă, iar Sn descarcă ionii de H. Aceasta înseamnă că fierul se corodează sub stratul protector care rămîne intact.

La fel trebuie privit desfășurarea acestui proces cînd avem două metale diferite—cazul îmbinărilor de țevi prin sudură unde electrozii nu au exact aceeași compoziție cu metalul țevilor — sau avem suprafețe de potențial diferit pe suprafața aceluiași metal. In anumite locuri, cele anodice, metalul va trece în stare ionică iar ionii de H^+ din apă vor merge spre locurile catodice unde se va acumula hidrogen, fapt care determină mărirea negativității catodului, care astfel se va apropia de potențialul anodului. Dacă acumularea hidogenului continuă pînă ce potențialele regiunilor catodice devin egale cu cele ale regiunilor anodice nu se va mai produce vreo coroziune electrochimică.

La aceeași concluzie se ajunge dacă se ia în considerare formula lui Nernst. Deoarece în primul moment în apă nu există ioni ai metalului, rezultă că atunci cînd C este zero, potențialul inițial al metalului are o valoare electronegativă infinită, adică o mare tendință de a trimite ioni în apă și deci o mare tendință de coroziune. Imediat însă după inițierea curentului, concentrația ionilor de metal în vecinătatea suprafețelor anodice ia valori finite și viteza de coroziune inițială scade imediat.

In acest timp, prin descărcarea ionilor de H la catod, concentrația acestora scade și presiunea parțială a hidrogenului molecular format prin

descărcarea ionilor crește. Ambele aceste fenomene la anod și catod au efectul că diferența dintre potențialele lor scade repede pînă la o valoare la care viteza de coroziune este relativ mică sau se anulează și în acest caz coroziunea încetează.

Dacă difuziunea ionilor metalici la anod sau a hidrogenului la catod este impiedicată prin neagitarea electrolitului, prin formarea unui strat protector sau prin micșorarea spațiului în care se desvoltă hidogenul, micșorarea vitezei de coroziune este favorizată.

Schimbarea potențialului sau, ceea ce este același lucru, apariția unei forțe electromotoare de sens invers, datorită tocmai produselor curentului, se numește polarizare și este des întîlnit la elementele galvanice.

Polarizarea catodului deplasează potențialul lui în sens negativ. Această deplasare a potențialului este produsă de legarea insuficient de rapidă a electronilor, care vin de la regiunile anodice, adică o concentrare a electronilor. Astfel, deplasarea potențialului catodului în sens negativ adică în sensul potențialului anodului, depinde de posibilitatea electrozilor de a descărca ionii de hidrogen și apoi de posibilitatea hidrogenului de a se îndepărta sub formă de gaz sau de cantitatea oxigenului care sosește la suprafața catodului în unitatea de timp. Prin urmare, după circuitarea cuplului galvanic în aceste cazuri, prin trecerea curentului, potențialele electrozilor vor varia astfel încît catodul devine mai negativ, iar anodul mai pozitiv, deci diferența între potențialele lor se va micșora mult.

Dacă din contră, electrolitul este bine agitat, cum este cazul apei din cazanele de abur, ionii metalici de la anod se vor răspîndi în toată masa lichidului și va fi nevoie de mai mulți ioni pînă la atingerea concentrației de echilibru; de asemenea hidrogenul dezvoltat la catod, va fi mai ușor eliminat și va fi necesar de mai mult timp pînă se va ajunge la presiunea parțială a hidrogenului corespunzătoare echilibrului.

Două împrejurări pot însă împiedica stabilirea echilibrului. Inainte ca potențialul regiunilor anodice să fi devenit egal cu al celor catodice, acestea din urmă pot deveni suprasaturate cu hidrogen și atunci gazul începe să se degaje sub formă de bule. In acest caz coroziunea metalului continuă fără încetare în funcție de degajarea hidrogenului la catod, și se spune că avem o coroziune cu degajare de H.

Dacă degajarea H nu este posibilă, el poate fi totuși îndepărtat din regiunile catodice dacă soluția conține oxigen. In acest caz coroziunea metalului este limitată de viteza de difuziune a oxigenului dizolvat.

Condiția de a obține coroziunea cu degajare de hidrogen se poate formula după cum urmează:

Dacă suprapotențialul regiunilor catodice este neglijabil, cum este cazul platinei platinate, atunci condiția degajării H este:

$$V_H - V_M > 0$$

în care: V_H este potențialul de echilibru al hidrogenului;

V_M — potențialul metalului de la anod față de soluție.

In cazul că, în loc de platină platinată catodul este format dintr-un metal oarecare, atunci hidrogenul se va degaja numai dacă este împlinită condiția:

$$V_M - v - V_M > 0$$

în care: v este suprapotențialul. Astfel la temperatura obișnuită metale ca Pb, Sn și Ni, care în seria potențialelor sînt aproape de hidrogen, produc greu degajarea de H, ceea ce se întîmplă totuși dacă soluția este încălzită și astfel suprapotențialul este micșorat.

Din cele de mai sus reese că degajarea hidrogenului este favorizată dacă:

a) metalul este reactiv adică se află la capătul negativ al seriei de potențiale;

b) soluția este bogată în ioni de hidrogen.

Acesta este cazul coroziunii cazanelor în lipsa oxigenului, atunci cînd apa este neutră. Am spus mai înainte că *p*H-ul apei scade odată cu creșterea temperaturii. Insemnează deci că va crește concentrația ionilor de hidrogen chiar dacă apa este neutră, adică numărul ionilor de hidrogen este egal cu acela al ionilor de oxidril.

Posibilitatea ca ionii de metal ce intră în soluție la locurile anodice să se unească cu ionii de OH^-, este favorizată de numărul lor mărit în soluție. Ionii de H^-, în număr egal, fac serviciul de a descărca electronii liberi în locurile catodice, iar coroziunea continuă chiar dacă nu necesită oxigen în soluție care să îndepărteze hidrogenul format.

Trebuie notat deci faptul că, dacă în soluție nu ar exista ionii de H^+, cu tot numărul mare de ioni OH^- procesul de coroziune nu ar putea avea loc, deoarece nu are cine descărca în locurile catodice, electronii rămași liberi prin intrarea ionilor de metal în soluție.

Deplasarea echilibrului între ionii de H^+ și OH^- în favoarea ionilor de OH^- poate fi făcută, după cum reiese din legea maselor, alcalinizînd apa, adică introducînd în apă o substanță care va pune în libertate ioni OH^- comuni cu cei aflați în apă. Pe măsură ce crește concentrația ionilor OH^- descrește cea a ionilor de H^+ după cum se vede din fig. 2 și această creștere nu variază liniar cu concentrația.

Din cele de mai sus rezultă că apa este corosivă în zona ei de neutralitate, iar curba de agresivitate față de fier variază în funcție de *p*H conform fig. 3.

Motivul pentru care $p\text{H}=12$ curba devine din nou crescătoare, se va arăta mai tîrziu.

Viteza de coroziune a fierului este încetinită datorită faptului că în general cazanele funcționează cu o apă mai mult sau mai puțin alcalină, dar nu este eliminată, dacă alcalinitatea nu este suficient de mare. Acest fel de coroziune se

întîlneşte mai ales la cazanele de înaltă presiune unde salinitatea totală a apei din cazan este limitată la valori mici datorită condiţiilor de puritate impuse aburului produs.

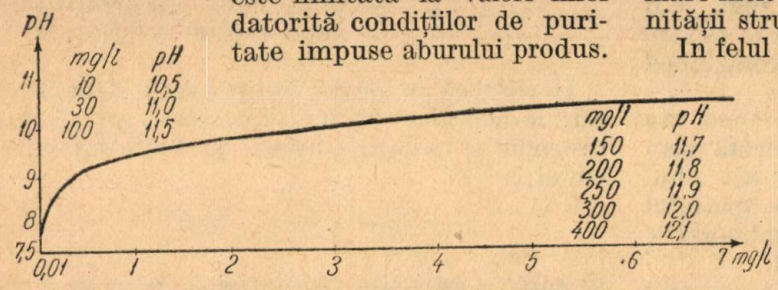


Fig. 2. Variaţia *p*H unei soluţii de NaOH (După ing. Stanisavlievici).

Pentru ca fenomenul să producă neajunsuri grave este nevoie de o perioadă de timp mai

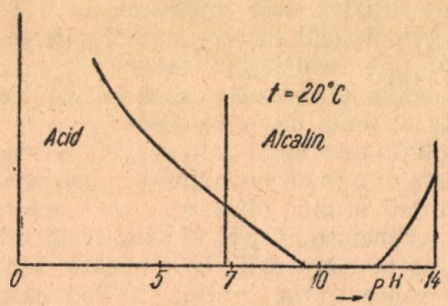


Fig. 3. Curba de agresivitate a apei (După Miclosi)

îndelungată, spre deosebire de cazul cînd în apa de alimentare se găseşte oxigen, care acţionează ca depolarizant al hidrogenului acumulat în locurile catodice, în urma procesului electrochimic al trecerii metalului în soluţii. Stabilitatea oxigenului este în funcţie de temperatura apei după cum se poate vedea în fig. 4.

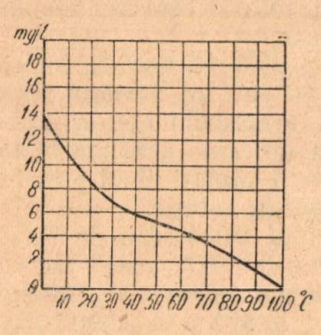


Fig. 4. Curbele de solubilitate în apă a oxigenului (După Bunchin)

La temperatura de fierbere a apei solubilitatea oxigenului este practic zero şi această proprietate este utilizată pentru îndepărtarea lui cu ajutorul degazorilor termici. Menţinînd temperatura la 100°C la o presiune atmosferică de 760 mm coloană Hg oxigenul este îndepărtat din apa de alimentare a cazanelor.

Oxigenul din apă are o acţiune dublă asupra vitezei de coroziune a fierului. Pe de o parte fiind un puternic depolarizant uşurează îndepărtarea hidrogenului din regiunile catodice, pe de altă parte, favorizează crearea locurilor de potenţial diferit. Astfel, acea suprafaţă a metalului care este cel mai mult în contact cu oxigenul devine catod iar partea la care accesul oxigenului este îngreunat devine anod şi se distruge.

Influenţa concentraţiei oxigenului de pe suprafaţa metalului asupra repartiţiei regiunilor anodice şi catodice, în cazul coroziunii caredecurge paralel cu absorbţia oxigenului, este atît de mare încît întrece cîte odată acţiunea neomogenităţii structurale a metalului.

In felul acesta se pot explica perfect deficienţele întîmpinate la una din centralele electrice în cursul anului 1953, cînd ţevile cazanelor de înaltă presiune se spărgeau atît de des încît nu mai prezentau nici o siguranţă în exploatare.

Ţevile sparte prezentau fenomenul specific de coroziune locală prin găuri, formarea acestor găuri poate fi explicată în felul următor : Cazanele fiind alimentate cu apă condensată, la revizii se consideră că ţevile acestor cazane nu trebuie să fie curăţite cu decrustatorul, deoarece apa fiind bună nu se poate forma crustă. Această presupunere era însă numai parţial justificată deoarece din cauza anumitor greutăţi, din cînd în cînd în circuitul cazanelor se mai introducea şi apă prost epurată.

In decursul timpului, în special pe ţevile fierbătoare, s-au format mici aglomerări de depuneri care impiedicau accesul uniform al oxigenului pe toată suprafaţa interioară a ţevilor, fapt ce a determinat formarea unor zone cu potenţial diferit.

La aceasta s-au mai adăugat încă două cauze :

a) Funcţionarea defectuoasă a degazorului.

b) Alcalinitatea redusă a apei din cazane.

După cum se vede, cazanele funcţionează cu o apă de alimentare ce conţinea oxigen, în interiorul ţevilor existau depuneri care au favorizat formarea zonelor de potenţial diferit, iar alcalinitatea cazanelor era mică, ceea ce înseamnă că era mare concentraţia ionilor de hidrogen necesari descărcării locurilor catodice. Dacă la aceste condiţii optime pentru desfăşurarea coroziunii, adăugăm şi faptul că ţevile acestor cazane depăşeau în medie 60 000 ore de funcţionare, este uşor de înţeles dece spargerile de ţevi erau atît de frecvente.

Deşi la prima vedere s-ar părea că este paradoxal faptul că tocmai suprafeţele cele mai expuse contactului cu oxigenul să fie cele mai ferite de efectele coroziunii, interpretarea electrochimică a fenomenului dă o explicaţie satisfăcătoare acestui lucru, mai ales că procesul a fost verificat experimental.

In consideraţiile precedente s-a presupus că suprafeţele zonelor anodice şi catodice erau egale, astfel încît dacă densităţile de curent la anod şi catod erau egale, rezultă şi egalitatea solicitării întregii suprafeţe. Acest lucru nu se întîmplă în cazul normal al coroziunii, deoarece în general unul din electrozi este practic punctiform, iar celălalt reprezintă o suprafaţă relativ mare în jurul celei dintîi.

Dacă anodul este mic sau punctiform, densitatea anodică de curent va fi mare faţă de a catodului, aşa că efectul este o coroziune în profunzime care merge pînă la străpungerea

anodului (respectiv al peretelui ţevii de cazan) şi dă naştere coroziunii locale care este cea mai primejdioasă în instalaţiile de cazane.

In cazul cînd catodul este mic faţă de anod, suprafaţa anodului are o densitate mică de curent, coroziunea este superficială, depinde de polarizaţia catodului şi este mai puţin periculoasă deoarece este mai uniform repartizată pe suprafaţa metalului.

Cînd o impuritate de natură anodică de pe suprafaţa metalului se va dizolva formînd un element local, ea va lăsa un mic crater.

Chiar după completa dizolvare, elementul local va continua să funcţioneze, deoarece va exista o diferenţă a concentraţiei oxigenului în fundul craterului faţă de cea de la suprafaţa lui sau de pe restul suprafeţei metalului.

In afară de oxigen ca factor principal, mai sînt şi alte substanţe care dizolvate în apă de cazan acţionează ca acceleratori ai coroziunii.

Cînd procesul coroziunii se petrece între un metal şi o soluţie salină, el poate fi schematizat în cazul clorurii de sodiu, astfel:

$$Me + HOH + NaCl = MeCl + NaOH + H^+$$

$$MeCl + NaOH = MeOH + NaCl$$

De aici rezultă că procesul decurge tot cu degajare de H la catod şi că acţiunea NaCl este periculoasă prin faptul că ea se regenerează în urma reacţiei secundare de formare a hidroxidului metalic.

Mult mai primejdioasă este însă acţiunea $MgCl_2$. In anumite condiţii acesta poate să hidrolizeze formînd în cazan acid clorhidric care reacţionează cu fierul. Clorura de fier care se formează poate să ducă la o reacţie de schimb cu hidroxidul de magneziu şi să regenereze $MgCl_2$ pentruca circuitul să reînceapă conform schemei

$$MgCl_2 + 2H_2O = Mg(OH)_2 + 2HCl$$

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

$$FeCl_2 + Mg(OH)_2 = MgCl_2 + Fe(OH)_2$$

Clorura de magneziu poate să pătrundă în apa de cazane din duritatea de magneziu a apei de adaos tratată necorespunzător în instalaţiile de epurare.

Un alt factor accelerator este acidul carbonic care produce creşterea concentraţiei ionilor de H în apă şi prin aceasta crează posibilitatea separării H la catod ceea ce contribuie la activarea procesului de coroziune.

Pe măsură ce creşte temperatura, creşte şi gradul de disociere a acidului carbonic, ceea ce produce creşterea acidităţii apei şi o creştere bruscă a acţiunii ei corozive.

Fig. 5 dă curba de solubilitate a CO_2 în apă. Din figură reiese că solubilitatea CO_2 scade rapid cu creşterea temperaturii cea ce face să poată fi uşor de îndepărtat prin procedee termice.

Aceasta este cauza datorită căreia CO_2 produce neajunsuri mai ales în porţiunea instalaţiilor de alimentare cu apă a cazanelor pînă la degazor, adică pe porţiunea unde acţionează împreună cu oxigenul.

La presiuni mici şi mijlocii în cazane cu circulaţie naturală, nu s-a înregistrat cazuri de

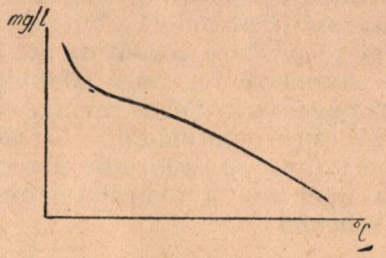


Fig. 5. Curba de solubilitate a CO_2 în apă:

°C	mg/l	°C	mg/l
0	1.00	35	0,33
5	0,83	40	0,29
10	0,70	50	0,23
15	0.59	60	0,17
20	0.51	70	0,13
25	0.44	80	0,08
30	0,38	90	0,04
		100	0

coroziune datorită bioxidului de carbon singur.

La încercări făcute cu un cazan de 100 at s-a constatat însă că în urma unui adaos de sodă la condensat s-a produs o degajare de gaze, în mare parte CO_2 şi H_2, iar pe ţevile fierbătoare s-a găsit o depunere de bicarbonat feros.

Reacţiile sînt următoarele:

$$Na_2CO_3 + H_2O = 2\,NaOH + CO_2$$

$$Fe + CO_2 + 2H_2O = Fe(HCO_3)_2 + H_2$$

Carbonatul de sodiu hidrolizează în funcţie de temperatura şi presiunea apei din cazan, dînd naştere la acid carbonic. Modul cum variază hidroliza sodei în funcţie de presiunea din cazan este reprezentată în fig. 6.

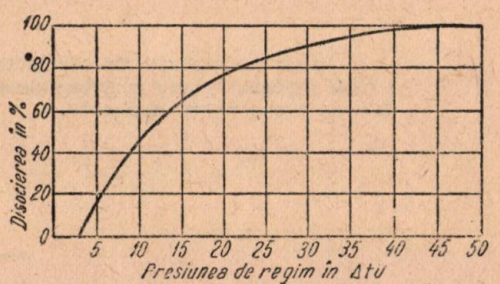


Fig. 6 Hidroliza sodei în cazan.

Din cele de mai sus rezultă că în cazane de presiune înaltă apa nu trebuie să conţină carbonaţi nici bicarbonaţi de sodiu.

S-a spus mai sus că apa începînd de la pH 12 începe să devină din nou corozivă.

Dacă concentraţia în hidroxid de sodiu a apei de cazan este mare, atunci se produce aşa numita coroziune caustică. Concentraţia poate creşte local sub capul niturilor, în fisuri sau în locuri unde se produce o evaporare. Soluţia concentrată în hidroxid de sodiu nu atacă oţelul în mod uniform ci intră de-a lungul straturilor intergranulare, pe care le dizolvă întîi.

Astfel, grăunții oțelului se detașează unii după alții.

Coroziunea caustică se asociază cu obosirea și accelerează ruptura prin obosire. Intradevăr soluția intrată între nituri și table sau în fisuri, se concentrează și intrînd de-a lungul straturilor intergranulare produce crestături noi la fundul cărora se stabilește un cîmp triaxial de tensiuni. Tensiunea cea mai mare învinge coroziunea și astfel produce o întindere a fisurii. Un alt gen de coroziune se datorește descompunerii termice a apei sau a aburului supraîncălzit, conform schemei

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

La cazane cu circulație naturală a apei se întîmplă că această circulație devine anormală, datorită faptului că în unele țevi fierbătoare se formează bule de abur, care se mișcă foarte încet sau chiar stagnează. In acest caz coeficientul de transmitere a căldurii pe partea de abur scade de la cîteva mii la cîteva zeci kcal/m² h°C.

Consecința este încălzirea țevii în așa măsură încît depășește temperatura de 450°C la care se produce disociația termică a apei. Oxigenul în stare născîndă se fixează pe suprafața fierului și formează un oxid de fier negru și magnetic. Fenomenul este specific pentru țevile de ecran suprasolicitate ale cazanelor cu circulație naturală, lucru care se observă în special la cazanele IPROM. Primele 7—8 rînduri de țevi ale ecranelor laterale au suferit de multe ori spargeri, datorită tocmai acestei cauze.

Eliminarea unor astfel de neajunsuri a fost criteriul pentru care la unele cazane de 38 at țevile de ecran au fost înzidite pe o distanță de 2 m, de la curbura de jos pentru a le micșora solicitarea termică.

O coroziune importantă se produce în interiorul cazanelor scoase din funcție și rămase umplute cu apă. Apa absoarbe mereu oxigen din aer și întreține astfel coroziunea. O protecție poate fi asigurată :

a) printr-o alcalinizare potrivită a apei ;

b) prin trecere de aer uscat și

c) prin umplerea cu amoniac în stare gazoasă.

Din cele expuse rezultă că sînt multiple cauzele care contribuie la coroziunea cazanelor.

Trebuie însă menționat faptul că o parte din acestea nu pot fi evitate, deoarece sînt legate de proprietățile materialului din țevile și tamburii cazanelor, dar pot fi în mare parte eliminate printr-o cunoaștere temeinică a mecanismului intim al fenomenelor de coroziune și o exploatare rațională a cazanelor.

Bibliografie

Scrob M. S. : Tratarea și pregătirea apei Edit. Energetică de Stat 1945.

Kirieev : Chimie fizică.

Angelescu. E : Introducerea în chimia fizică.

Miklosi C. : Energetica, nr. 7—8 1953.

*** : Manualul inginerului chimist, vol. IV.

★

ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ И ИХ ОБЪЯСНЕНИЕ

Резюме

В статье излагаются процессы коррозии паровых котлов. Подчеркиваются процессы корозии газами содержащимися в воде ; таблици и фигуры облегчают теоретическую усвояемость процесса.

Determinarea parametrilor economici pentru reţelele de termoficare cu apă fierbinte

Ing. C. GOLDENBERG

Se prezintă o serie de relaţii, care permit să se determine din punct de vedere tehnico-economic parametrii caracteristici ai reţelelor de termoficare cu apă fierbinte, aşa numiţii parametri economici şi anume : diametrul conductelor, pierderea de presiune în reţeaua de termoficare şi diferenţa între temperatura apei la plecare din CET şi cea la întoarcere, pentru temperatura exterioară de calcul. Într-un exemplu concret se urmăreşte influenţa preţului combustibilului şi a preţului energiei electrice asupra determinării parametrilor economici.

Pentru proiectarea unei reţele de termoficare, este necesar să se determine o serie de parametri caracteristici ai acesteia.

Alegerea acestor parametri se face pe considerente tehnico-economice.

Parametrii economici ai reţelelor de termoficare cu apă sînt: Δt_{ec}(°C)—diferenţa economică de temperatură între temperatura apei la plecarea din *CET* şi cea la întoarcere, pentru temperatura exterioară de calcul : h_{ec} (kg/m²m) — pierderea economică de presiune în reţeaua de termoficare ; d_{ec} (mm) — diametrul economic al conductei principale. Aceştia se stabilesc printr-un calcul tehnico-economic care are drept scop găsirea soluţiei optime prin compararea diferitelor variante care conduc la acelaşi efect tehnic final.

Pentru reţelele de termoficare cu apă, ca şi în orice problemă tehnico-economică soluţia optimă se poate stabili :

a) fie după cheltuielile anuale ;

b) fie după cheltuielile de investiţii ;

c) fie după amîndouă, adică după numărul de ani în care se recuperează diferenţa de investiţii între soluţia cu cheltuieli anuale minime şi cea cu investiţii minime din economia rezultată din cheltuielile anuale.

In cele ce urmează, baza comparaţiei o formează metoda *a* adoptată în general pentru reţele termice de literatură sovietică de specialitate — cu observaţia, că prin aceasta problema nu este epuizată şi că trebuie urmărită posibilitatea aplicării metodei *c* care dă o imagine

Notaţia	Unitatea	Semnificaţia	Notaţia	Unitatea	Semnificaţia
S_1	lei/an	Costul supraconsumului de combustibil ;	y	kWh/Gcal	Producţia specifică de energie electrică
S_2	lei/an	Cheltuieli anuale ale reţelei termice	t_c	kcal/kg	Entalpia condensatului (la CTE)
S_3	lei/an	Amortizarea instalaţiilor de abonaţi	H	kcal/kg	Căderea adiabatică în turbina cu condensaţie
S_4	lei/an	Costul pompăriiee			
S_5	lei/an	Costul pierderilor termice ;	H_0	kcal/kg	Căderea adiabatică în turbina de termoficare pînă la presiunea prizei
$s_1, s_2,$ s_3, s_4, s_5	lei/an / Gcal	Valorile specifice ale cheltuielilor de mai sus ;	p_c	lei/t	Preţul combustibilului convenţional
Q	Gcal/an	Cantitatea de căldură livrată anual de CET ;	p_e	lei/kWh	Preţul energiei electrice
			p_q	lei/Gcal	Preţul căldurii
Q_h	Gcal/h	Debitul orar de calcul	i_r	lei/km	Invest. specifică în reţeaua de termoficare ;
G	t/h	Debitul de apă al reţelei			
l	km	Lungimea conductei principale	a_t	km	Latura pătratului regiunii termoficate
η_c		Randamentul sălii cazanelor din CET presupus acelaşi şi la CTE ;	D	abonat / km²	Densitatea abonaţilor
η_c		Randamentul instalaţiei individuale de cazane ;	Rn	km	Raza de acţiune a reţelei termice
η_{th}		Randamentul termodinamic al turbinei (acelaşi la CET şi CTE) ;	p_q $A, m,$		Coeficienţi care depind de configuraţia reţelei
$\eta_m \cdot \eta_g$		Randamentul electromecanic al grupului turbogenerator (acelaşi la CET şi CTE)	π	Gcal / km²·h	Densitatea consumului de căldură
η_r		Randamentul reţelei termice ;	n	ore/an	Numărul de ore de funcţionare a reţelei
		Randamentul termic la CTE ;			
h	kg/m².m	Pierderea de presiune în conductă	k	kcal/m²·h	Coef. global de transmisie de căldură
i_1	kcal/kg	Entalpia aburului la intrarea în turbină	L	km	Lung.totală a conductei principale (dus-întors)
i_2	kcal/kg	Entalpia aburului la priza	T	lei/Gcal/an	Pierderile anuale de căldură ale reţelei
t_2	kcal/kg	Entalpia apei la temperatura de saturaţie corespunzătoare			

completă asupra soluției ce urmează a fi adoptată.

Dacă cheltuielile anuale care cuprind capitolele de cheltueli S_1, S_2, S_3, S_4 și S_5 — luate în considerare pentru un anumit parametru sînt legate analitic de parametrul căutat, atunci problema poate fi rezolvată, prin găsirea minimului funcției; dacă o astfel de relație nu poate fi stabilită, rezolvarea se dă prin metoda variantelor. In articolul de față se folosesc ambele metode.

1. Analiza cheltuielilor anuale

1.1. **Economia de combustibil. Costul supraconsumului de combustibil** (S_1) La o aceeași cantitate de energie electrică și căldură produse, consumurile anuale de combustibil B_{comb} (centrala de termoficare) și B_{sep} (centrala cu condensație și instalație individuală de cazane) se pot exprima prin:

$$B_{com} = \frac{10^6}{7\,000}\,\frac{1}{\eta_c'}\,Q + \frac{860}{7\,000}\,\frac{y}{\eta_c'\,\eta_m\,\eta_g}\,Q\left[\frac{\text{kg comb conv}}{\text{an}}\right] \quad (1)$$

$$B_{sep} = \frac{10^6}{7\,000}\,\frac{\eta_r}{\eta_c}\,Q + \frac{860}{7\,000}\,\frac{y}{\eta_c'\,\eta_t\,\eta_m\,\eta_g}\,Q\left[\frac{\text{kg comb conv}}{\text{an}}\right]. \quad (2)$$

Economia de combustibil realizată prin termoficare este dată de

$$\Delta B = B_{sep} - B_{comb}\ [\text{kg comb conv/an}] \quad (3)$$

adică:

$$\Delta B = \frac{0{,}123\,y}{\eta_c'\,\eta_m\,\eta_g}\left(\frac{1}{\eta_t} - 1\right)Q + 143\left(\frac{\eta_r}{\eta_c} - \frac{1}{\eta_c'}\right)Q \quad (4)$$

Producția specifică de energie electrică y este dată de

$$y = \frac{H_0\,\eta_{th}\cdot\eta_m\,\eta_g\cdot 10^6}{860\,(i_2 - t_2)} = 1\,160\,\frac{H_0\,\eta_{th}\,\eta_m\,\eta_g}{i_2 - t_2}\left[\frac{\text{kWh}}{\text{Gcal}}\right]. \quad (6)$$

După cum rezultă din (5), valoarea lui Δb depinde de parametrii aburului și de diferitele randamente. Pentru $\eta_c' = 0{,}8 : \eta_c = 0{,}6 : \eta_r = 0{,}9\ \eta_m \cdot \eta_g = 0{,}94$ și pentru valorile lui $y = y(t_2)$ în tabela 1 se calculează $\Delta b = \Delta b\ (t_2)$. Valorile y, sînt luate după diagramele prezentate de N. I. Dunaevski [1], iar valorile lui η_t după cele date de S. F. Kopiev [2].

Tabela 1

Economia specifică de combustibil în cazul producerii combinate de energie electrică și căldură față de producerea separată.

Parametrii aburului		y	η_t	Δ_b
P_1 ata	t_1 °C	kWh/Gcal	%	kg comb conv / Gcal
100	500	$575 - 2{,}22\ t_2$	35,5	$202 - 0{,}635\ t_2$
55	450	$500 - 2{,}22\ t_2$	32,5	$195 - 0{,}656\ t_2$
29	400	$460 - 2{,}22\ t_2$	30,0	$190 - 0{,}770\ t_2$
20	350	$425 - 2{,}22\ t_2$	28,5	$187 - 0{,}785\ t_2$

In fig. 1 sînt reprezentate variațiile lui $\Delta b = \Delta b\ (t_2)$ și $\Delta b = \Delta b(p_2)$.

La trasarea lui $\Delta b = \Delta b\ (p_2)$ s-a ținut seama de corespondența între p_2 și t_2.

E. I. Socolov [3] a stabilit o formulă generală (9) pentru calcul lui Δb. Aceasta rezultă dacă

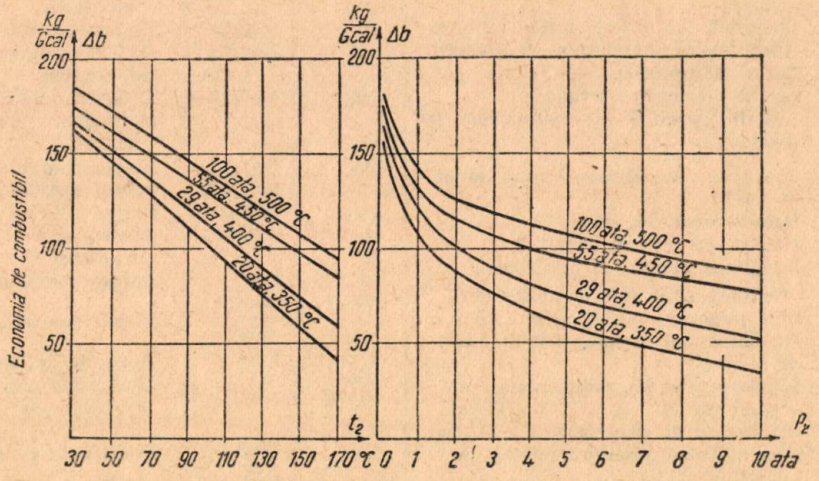


Fig. 1. Economia de combustibil Δb obținută pentru fiecare Gcal livrată în funcție de t_2 și p_2, pentru diferiți parametrii ai aburului la intrarea în turbină

Raportînd economia de combustibil la căldura livrată din *CET*;

$$\Delta b = \frac{0{,}123\,y}{\eta_c'\,\eta_m\,\eta_g}\left(\frac{1}{\eta_t} - 1\right) + 143\left(\frac{\eta_r}{\eta_c} - \frac{1}{\eta_c'}\right)[\text{kg comb conv/Gcal}] \quad (5)$$

se înlocuiește în (5) valoarea lui y dată de relația (6) și η_t prin:

$$\eta_t = \frac{H\,\eta_{th}}{i_1 - t_c}, \quad (7)$$

$$\Delta b = \frac{143}{\eta_c'}\left[\frac{H_0}{H}\,\frac{i_c - t_c}{i_2 - t_2} + \frac{\eta_r\,\eta_c'}{\eta_c} - 1\right] \quad (8)$$

Cu suficientă aproximație $\frac{i_2 - t_c}{i_2 - t_2} \approx 1$; $\frac{\eta_r \eta_c'}{\eta_c} \approx 1$ și $\eta_c' = 0{,}8$ deci:

$$\Delta b = 180 \frac{H_0}{H} \text{ [kg comb Gcal]}. \quad (9)$$

Cunoscînd valoarea lui Δb, economia totală de combustibil se află prin $\Delta B = \Delta b \cdot Q$.

Influența consumului de combustibil la *CET*, respectiv economia de combustibil, asupra parametrilor apei din rețeaua de termoficare se manifestă astfel: mărirea temperaturii apei în rețeaua de termoficare conduce la necesitatea creșterii temperaturii de saturație a aburului de priză, respectiv a presiunii prizei, care are ca urmare micșorarea producției de energie electrică și în consecință scăderea lui ΔB.

De aceea nu ne interesează valoarea absolută a lui ΔB, ci ca supraconsum de combustibil a unei variante de comparație față cu alta.

$$S_1 = p_e (\Delta B_1 - \Delta B_2) \cdot 10^{-3} \text{ [lei/an]}. \quad (10)$$

In cazul în care se dispune la turbină de mai multe prize, diagrama clasată a consumului de căldură trebuie să fie acoperită ținînd seama de presiunile de priză (respectiv temperaturile de saturație).

Valoarea specifcià s_1 va fi:

$$s_1 = \frac{S_1}{Q} \text{ [lei/Gcal]}. \quad (11)$$

1.2. **Cheltuielile anuale ale rețelei termice** (S_2) Astăzi costul rețelelor termice repretzintă 30—40% din costul *CET* iar consumul de metal pentru construcția rețelelor termice este de 10—12 t/Gcal h^{-1} [4].

După indicațiile date de E. I. Socolov [3], pentru calculele preliminare investiția speficifcă poate fi exprimată cu suficientă exactitate sub forma:

$$i_r = a + b \cdot d \text{ [lei/km]}. \quad (12)$$

Pentru lungimea l a conductei exprimată în km, investiția totală I_r devine:

$$I_r = a \cdot l + b \sum_{i=1}^{n} d_i l_i \text{ [lei]} \quad (13)$$

în care a și b sînt constante pentru un anumit tip de rețea, iar $\sum_{i=1}^{n} \cdot d_i l_i = M$ în mm·km este caracteristica materială a rețelei termice.

V. I. Rîjkin propune evaluarea investiției în rețeaua termică, [5] după caracteristica materială specifică, dată de formula:

$$M_s = \frac{\Sigma d \cdot l}{Q_h} = A \frac{a_i^m D^n R^{0,19}}{\pi^{0,62} h^{0,19} \Delta t^{0,28}} \left[\frac{\text{mm·km·h}}{\text{Gcal}}\right]. \quad (14)$$

In acest caz investiția specifică în rețea se calculează pentru condițiile din U.R.S.S. prin:

$$i'_r = 100\,000\, l + 500\, M_s \text{ [ruble · h/Gcal]}. \quad (15)$$

Cheltuielile anuale, se determină ca o cotă din I_r. Pentru condițiile din U.R.S.S. [3]

- cota de amortizare . . 6% din investiții
- reparații capitale, impozite, taxe . . . . . 3% „ „
- deservire 3%

Practica exploatării rețelelor termice în U.R.S.S. a arătat că amortizarea de 6% este prea mare [6]. S_2 va fi dat de:

$$S_2 = \alpha \cdot I_r = \alpha(al + bM) \text{ [lei/an]} \quad (16)$$

în care $\alpha = 0{,}12$ este suma cotei de amortizare, reparații și deservire.

Dacă se calculează S_2 pentru o anumită caracteristică materială a rețelei M_0 (cu Δt_0 și h_0, în ipoteza schimbării lui Mo în M (cu Δt și h) relația între M și M_0 este:

$$M = M_0 \left(\frac{\Delta t_0}{\Delta t}\right)^{0,38} \left(\frac{h_0}{h}\right)^{0,19}. \quad (17)$$

Relația (17) rezultă dacă se ține seama că,

$$d = 44{,}5 \frac{G^{0,38}}{h^{0,19}}; \quad M = dl \text{ și } Q_h = G \cdot \Delta_t$$

Valoarea specifică S_2 este dată de

$$s_2 = \frac{S_2}{Q} = \frac{\alpha}{Q}(al + bM) \quad \text{[lei/Gcal]}. \quad (18)$$

1.3. **Amortizarea instalațiilor la abonați**(S_3) Investițiile la abonați nu sînt suportate de CET, ci de consumatori. Ele pot fi considerate constante în alternativele examinate deoarece condițiile sanitare și igienice în cazul sarcinii de încălzire impun temperatura apei în instalațiile de încălzire maximum 95°C.

Ca cifră indicativă se poate socoti consumul de metal în instalațiile abonaților (boilere și radiatoare) 90—120 t/Gcal h^{-1} [3]

1.4. **Costtul pompării agentului termic** (S_4) Consumul de energie electrică pentru pomparea apei, este astăzi încă destul de ridicat, atingînd 15—20 kWh/Gcal [6].

Ținînd seama de diverși factori ce intervin, energia electrică consumată pentru pompare este:

$$W = \frac{Gh \cdot L\,(1 + c)\,n}{370\,000\,\eta_p} \text{ [kWh/an]}. \quad (19)$$

Coeficientul pierderilor locale c, din relația (19) depinde de natura fluidului din rețea, de gradul încărcării rețelei termice cu rezistențe locale și de debitul vehiculat în rețea. Literatura de specialitate [7,2,3] dă o gamă întreagă de valori numerice pentru acest coeficient.

Cunoscînd prețul energiei electrice p_e, costul pompării este

$$S_4 = WP_e = \frac{G \cdot h \cdot L\,(1 + c)\,n \cdot p_e}{370\,000\,\eta_p} \text{ [lei/an]} \quad (20)$$

iar valoarea specifică s_4:

$$s_4 = \frac{S_4}{Q} = \frac{G \cdot h \cdot L\,(1 + c)\,n \cdot p_e}{370\,000 \cdot \eta_p \cdot Q} \text{ [lei/Gcal]}. \quad (21)$$

1.5. **Costul pierderilor termice** (S_5). In faza de calcul tehnico-economic, construcția izolației conductei nu este încă cunoscută. De aceea pierderile se determină după evaluări estimative:

$$T = \pi Mk\,(\tau_m - t_0)\,n \cdot 10^{-6} \text{ [Gcal/an]}. \quad (22)$$

Pentru prețul căldurii p_q în lei/Gcal costul pierderilor termice este:

$$S_5 = \pi Mkp_q\,(\tau_m - t_0)\,n \cdot 10^{-6}, \text{ [lei/an]}, \quad (23)$$

iar valoarea specifică s_5

$$s_5 = \frac{S_5}{Q} = \frac{\pi\, Mkp_q\,(\tau m - t_0)\,n\,10^{-6}}{Q} \left[\frac{\text{lei}}{\text{Gcal}}\right], \quad (24)$$

τ_m(°C) temperatura medie anuală a agentului termic se ia ca medie a temperaturii apei la plecare și la întoarecere, pentru valoarea medie a temperaturii exterioare în sezonul de încălzire, iar t_0 °C) ca temperatură medie anuală a solului sau a aerului (după modul de realizare al rețelei) la nivelul montării conductelor.

In recenta sa lucrare [8] L. A. Melentiev nu mai consideră costul pierderilor termice care, după cum se va vedea și în exemplul prezentat intervine cu o pondere foarte mică.

2. Parametrii economici

2.1. **Temperatuea economică** (Δt_{ec}). Se alege inițial temperatura de intoarcere a apei, (t_{in} care are de obicei valoarea 60—70°C și, pentru diferite valori ale lui Δ_t, se calculează cheltuielile specifice legate de acest parametru, adică: s_1 s_2, s_4 și s_5.

Se trasează curbele $s_i = s_i(\Delta t)$ determinîndu-se minimul lui s_i, pentru care rezultă Δt_{ec}, deci și t_d. Calculul se efectuează pentru o valoare h aleasă arbitrar.

2.2. **Căderea economică de presiune** (h_{ec}). Acest prametru depinde de: s_2, s_4 și s_5. Soluția economică este pentru:

$$s = s_2 + s_4 + s_5 = \text{minim}. \quad (25)$$

In cazul lui h_{ec}, s poate fi exprimat analitic în funcție de parametrul căutat. Inlocuind în (25) valorile date în (18), (21) și (24) se obține:

$$s = \frac{\alpha}{Q}(al + bM) + \frac{GhL\,(1+c)\,n\,p_e}{370\,000\,\eta_p\,Q} + \\ + \frac{\pi \cdot Mkp_q(\tau_m - t_0)\,n \cdot 10^{-6}}{Q} = \text{minim} \quad (26)$$

Căderea economică de presiune se stabilește după ce a fost determinat Δt_{ec} și atunci în relația (17), $\Delta t_0 = \Delta t$, iar M devine

$$M = M_0 \left(\frac{h_0}{h}\right)^{0,19}. \quad (27)$$

Se înlocuiește (27) în (26). De aci h_{ec} rezultă pentru $ds/dh = 0$. Efectuînd: $h_{ec} = 11\,500$.

$$\left[\frac{M_0\,h_0^{0,19}}{G \cdot L}\right]^{0,84} \left[\eta_p\,\frac{\alpha b + \pi k\,p_q\,(\tau_m - t_0)\,n\,10^{-6}}{(1+c)\,np_e}\right]^{0,84}. \quad [28]$$

Notînd a doua paranteză cu A

$$h_{ec} = 11\,500\left[\frac{M_0\,h_0^{0,19}}{G \cdot L}\right]^{0,84} A^{0,84} \text{ [kg/m}^2\text{]}. \quad (29)$$

De observat:

— primul factor $11\,500\left[\frac{M_0\,h_0^{0,19}}{G \cdot L}\right]^{0,84}$, corespunde unui h_0 ales arbitrar, acel pentru care s-a stabilit Δt_{ec} dar el este independent de h_0, deoarece pentru orice rețea termică $M^{0,19}$ = constant (27). Debitul G trebuie să corespundă lui Δt_{ec} stabilit;

— al doilea factor $A^{0,84}$, depinde de caracteristicile echipamentului rețelei termice (η_q k, c), de condiții climatologice (τ_m, t_0, n) și de indicii de preț de cost (b, p_e, p'_2).

2.3. **Diametrul economic** (d_{ec}). Cunoscînd h_{ec} se obține:

$$d_{ec} = 44{,}5\,\frac{G^{0,28}}{0,19} \text{ [mm]}. \quad (30)$$

3. Exemplu de calcul

Se presupune următoarea situație:

— Sarcina de încălzire, corespunzătoare temperaturii exterioare de calcul $\Delta t^c_{ext} = -20$°C, $Q_h = 20$ Gcal/h;

— Căldura livrată anual de *CET* Q = 35 000 Gcal/an;

— Durata sezonului de încălzire 4 200 h/an Diagrama clasată a temperaturilor exterioare în fig. 2.

— In *CET*, căldura este livrată de la o turbină VPT—25—3;

— Raza de acțiune a rețelei termice 1 250 m.

— Rețeaua se va extinde treptat prin racordarea unor noi consumatori la conducta prin - cipală.

Aprofundarea problemei în condițiile noastre impune pe lîngă determinarea parametrilor economici și studierea influenței lui p_c și p_e asupra acestora.

3.1. **Analiza cheltuielilor anuale.** 3. 1.1. *Ipoteze de calcul. a*) Supraconsumul de combustibil se calculează pentru $p_c = 100$; 180 și 260 lei/t comb conv. Dintre acestea, prețul de 180 lei/t poate fi considerat ca un preț mediu real al combustibililor folosiți în *CET* (la P_{ci} = 7 000 kcal/kg). Valorile 100 lei/t și 260 lei/t reprezintă un combustibil ieftin respectiv unul scump.

b) Prețul energiei electrice consumate pentru pompare s-a considerat ca preț mediu de vînzare a energiei electrice în sistem, ținînd seama însă că această energie este cumpărată la *CET*. In calcule s-au introdus valorile $p_e = 0{,}10$; 0,20; 0,30 și 0,40 lei/kWh.

c) Se presupune realizarea rețelei termice în canale nevizitabile, semicirculare cu izolație de beton spongios, pentru care se poate considera $a = 50\,000$ lei/km și $b = 405$ lei/mm km. Cheltuielile anuale ale rețelei sînt 12% din investiții.

d) Costul căldurii, pentru evaluarea pierderilor de căldură este $p_q = 40$ lei/Gcal.

Variația foarte lină a lui $s_5 = s_5(\Delta t)$, fig. 3, arată că valoarea lui p_c nu influențează sensibil parametrii economici.

3.1.2. *Costul specific al supraconsumului de combustibil* (s_1) Turbina VPT—25—3 de 25 MW cu parametrii aburului la turbina 90 ata, 500°C are două prize reglabile 1,2—2,5 ata și 8—13 ata. Ținînd seama de presiunile la priză, respectiv temperaturile de saturație, și de diferența de circa 10°C între acestea și temperatura apei la plecare în rețea, în fig. 2 se arată acoperirea curbei de sarcină, pentru variantele examinate $\Delta t = 25; 50; 75; 100$°C.

Temperatura apei de întoarcere, a fost impusă 70°C.

In tabela 2 se dă economia de combustibil, calculată pe baza formulelor (9) și (10) și a fig. 2.

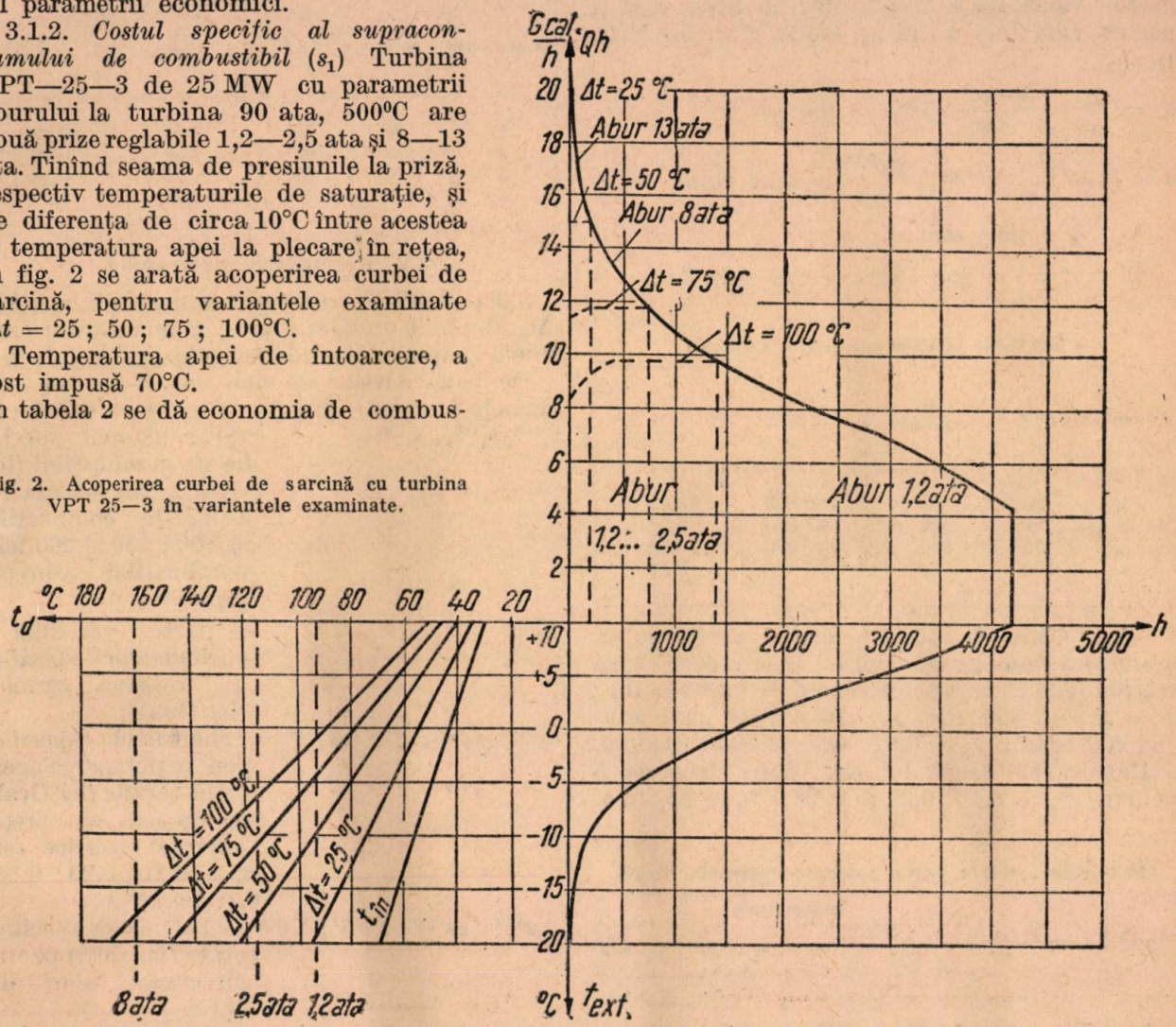


Fig. 2. Acoperirea curbei de sarcină cu turbina VPT 25—3 în variantele examinate.

Economia de combustibil S_1 *Tabela 2*

Nr. variantei	Δt °C	Căldura utilizată (Gcal/an) din abur de:				Economia de ccomb. t/an	Economia de combustibil S_1 (lei/an) pentru p_c:		
		1,2 ata	2,5 ata	8 ata	13 ata		p_c=100lei/t	p_c=180 lei/t	p_c=260 lei/t
1	25	35 000	—	—	—	4 350	435 000	780 000	1 130 000
2	50	31 800	3 000	200	—	4 276	427 600	770 000	1 110 000
3	75	24 800	8 900	1 300	—	4 136	413 600	743 000	1 080 000
4	100	17 900	13 500	3 570	30	3 952	395 200	710 000	1 020 000

In tabela 3 se dă supraconsumul specific de combustibil, față de varianta optimă $\Delta t = 25$°C.

3.1.3. *Cheltuielile specifice ale rețelei termice* (s_2). Se stabilește debitul de apă și diametrul conductei principale pentru $\Delta t = 100$°C (varianta de bază) și $h = 10$ kg/m²m (arbitrar).

Se calculează valoarea lui M pentru varianta de bază (M_0) în altă situație M fiind:

$$M = M_0 \left(\frac{\Delta t_0}{\Delta t}\right)^{0,38} \quad [\text{mm km}]$$

din (17) în care $h = h_0$. Deoarece în temă se presupune că rețeaua se dezvoltă, diametrul conductei principale se presupune constant.

Tabela 3

Supraconsumul specific de combustibil s_1 (lei/Gcal)

Nr. variantei	Δt °C	Pentru prețul combustibilului		
		p_c=100 lei/t	p_c=180 lei/t	p_c=260 lei/t
1	25	—	—	—
2	50	0,3	0,3	0,4
3	75	0,7	1,1	1,4
4	100	1,2	2,2	2,4

Cunoscînd valoarea lui b, în cazul nostru 405 lei/mm km și $\alpha = 12\%$, în tabela 4 se calculează partea variabilă a investițiilor în rețea b,M și partea variabilă a lui s_2 adică $s_2^v = b \cdot M/Q$. Deci:

$$G = \frac{Q_h}{\Delta t} = \frac{20 \cdot 10^6}{100} \cdot 10^{-3} = 200 \text{ t/h},$$

$$d = 44{,}5 \frac{G^{0{,}38}}{h^{0{,}19}} = 44{,}5 \frac{200^{0{,}38}}{10^{0{,}19}} = 214 \text{ mm, se ia}$$

$$d = 250 \text{ mm};$$

$$M = d \cdot l = 250 \cdot 1{,}25 = 312 \text{ mm km}.$$

Tabela 4

Cheltuielile specifice ale rețelei termice

Nr. variantei	Δt °C	M mm . km	$b \cdot M$ lei	s_2^v lei/Gcal
1	25	503	215 000	0,74
2	50	405	164 000	0,56
3	75	346	140 000	0,48
4	100	312	127 000	0,44

3.1.4. *Cheltueli specifice pentru pomparea agentului termic, s_4.* Calculul lui s_4 se face pe baza relației (21) în care pentru cazul de față $c = 0{,}1$; $L = 2l = 2\,500$ m; $h = 10$ kg/m² · m; $n = 4\,200$ h/an; $\eta_p = 0{,}6$; $Q = 35\,000$ Gcal/an. Rezultatele calculului sînt date în tabela 5 pentru $p_e = 0{,}10$ 0,20; 0,30; 0,40 lei/kWh.

Tabela 5

Cheltuielile specifice pentru pomparea agentului termic

Nr. variantei	Δt °C	G t/h	s_4 în lei/Gcal			
			$p_e = 0{,}10$ lei/kWh	$p_e = 0{,}20$ lei/kWh	$p_e = 0{,}30$ lei/kWh	$p_e = 0{,}40$ lei/kWh
1	25	800	1,18	2,36	3,54	4,70
2	50	400	0,60	1,20	1,80	2,40
3	75	268	0,40	0,80	1,20	1,60
4	100	200	0,30	0,60	0,90	1,20

3.1.5. *Costul specific al pierderilor de căldură (s_5).* Calculul lui s_5 se face pe baza relației (24) în care pentru cazul nostru, $k = 1{,}0$ kcal/m².h. °C; $p_q = 40$ lei/Gcal, $t_0 = +10$°C, $n = 4\,200$ h/an, iar τ_m calculați după valorile din fig. 2, pentru temperatura medie exterioară 0°C, la fiecare Δ_t examinat.

Rezultatele calculului sînt date în tabela 6.

Tabela 6

Costul specific al pierderilor de căldură

Nr. variantei	Δt/°C	τ_m °C	T Gcal/an	s_5 lei/Gcal
1	25	50	280	0,32
2	50	60	268	0,30
3	75	65	252	0,29
4	100	70	248	0,29

3.2. Parametrii economici.

3.2.1. *Căderea economică de temperatură (Δt_{ec})* Δt_{ec} depinde de s_1, $s_2.s_4$ și s_5. Suma acestor cheltuieli, în ipotezele studiate, este dată în tabela 7.

Pe baza datelor de mai sus, s-au construit curbele $s = s(\Delta t)$ din fig. 3 unde s-a notat cu:

$s_1^{100}, s_1^{180}, s_1^{260}$ — supraconsumul specific de combustibil (lei/Gcal), în ipoteza folosirii de combustibil cu 100; 180 și 260 lei/t combustibil convențional;

s_2^v — partea variabilă a cheltuielilor specifice în rețeaua termică (lei/Gcal);

$s_4^{0,10}; s_4^{0,20}; s_4^{0,30}; s_4^{0,40}$ = cheltuielile specifice pentru pomparea agentului termic (lei/Gcal), în ipoteza că prețul energiei electrice este $p_e = 0{,}10; 0{,}20; 0{,}30; 0{,}40$ lei/kWh;

$\Sigma s^{0,10}; \Sigma s^{0,20}; \Sigma s^{0,30}; \Sigma s^{0,40}$—cheltuielile specifice totale (lei/Gcal) pentru diferitele valori ale lui p_e;

indicii 100; 180; 260 — se referă la cheltuielile specifice corespunzătoare pentru fiecare Σs enumerate, pentru prețurile respective ale tonei de combustibil convențional.

Valorile lui Δt_{ec} se determină în fig. 3, fiind acelea pentru care $\Sigma_s = \min$ și se dau în tabela 8.

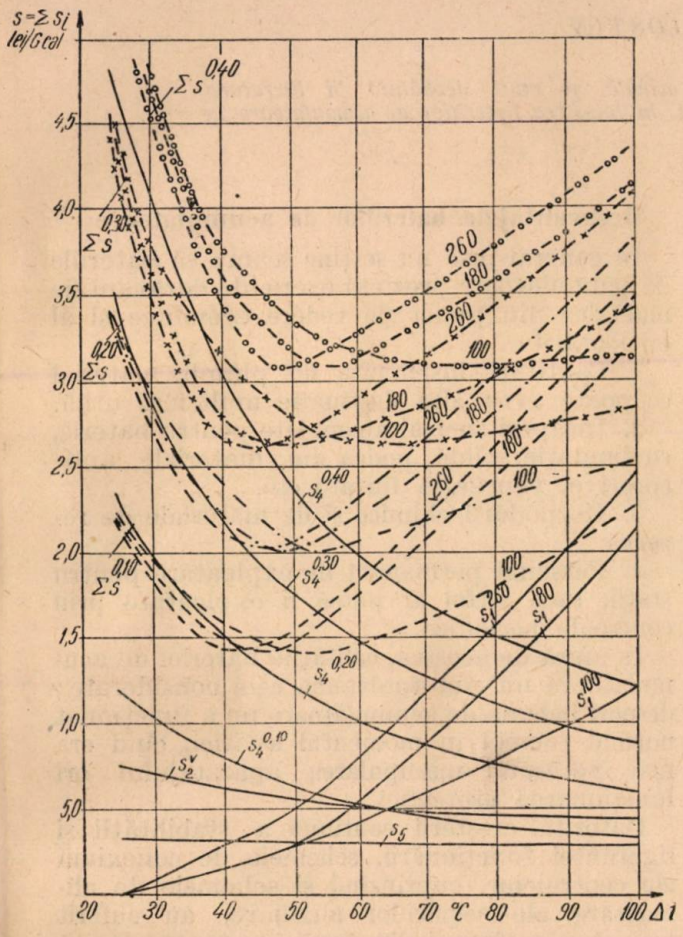
3.2.2. *Căderea economică de presiune (h_{ec}).* Calculul lui h_{ec} se face pe baza relației (28), în care pentru exemplul studiat, $M_0 h_0^{019} = 480$ mm km (pentru varianta de bază $\eta_p = 0{,}6$;

Tabela 7

Suma cheltuielilor specifice

Nr. variantei	Δt °C	$p_e = 0{,}10$ lei/kWh			$p_e = 0{,}20$ lei/kWh			$p_e = 0{,}30$ lei/kWh			$p_e = 0{,}40$ lei/kWh		
		$p_c = 100$ lei/Gcal	$p_c = 180$ lei/Gcal	$p_c = 260$ lei/Gcal	$p_c = 100$ lei/Gcal	$p_c = 180$ lei/Gcal	$p_c = 260$ lei/Gcal	$p_c = 100$ lei/Gcal	$p_c = 180$ lei/Gcal	$p_c = 260$ lei/Gcal	$p_c = 100$ lei/Gcal	$p_c = 180$ lei/Gcal	$p_c = 260$ lei/Gcal
1	25	2,24	2,24	2,24	3,42	3,42	3,42	4,60	4,60	4,60	5,78	5,78	5,78
2	50	1,49	1,49	1,50	2,09	2,09	2,10	2,69	2,69	2,70	3,29	3,29	3,30
3	75	1,87	2,27	2,57	2,27	2,67	2,97	2,67	3,07	3,37	3,07	3,47	3,77
4	100	2,23	3,23	3,43	2,53	3,53	3,73	2,83	3,83	4,03	3,13	4,13	4,33

$\alpha = 0{,}12$; $b = 405$ lei/min km ; $k = 1{,}0$ kcal/m². h.°C ; $c = 1$; $p_e = 0{,}10$; 0,20 ; 0,30 ; 0,40 lei/kWh ; $t_0 = +10$°C ; G — debitul corespunză-



Eig. 3. Determinarea lui Δt_{ec}

tor lui Δt_{ec} și τ_m — temperatura medie anuală a agentului termic, corespunzătoare lui Δt_c.

In tabela 8 sînt date rezultatele calculului lui h_{ec}.

3.2.3. *Diametrul economic* (d_{ec}). După ce a fost stabilit h_{ec}, diametrul economic se calculează cu ajutorul relației (30). Tot în tabela 8, sînt date rezultatele calculului lui d_{ec}.

Pentru o anumită valoare a lui p_c și p_e, parametrii economici sînt desigur constanți. De exemplu : dacă $p_e = 180$ lei/t și $p_e = 0{,}30$ lei/t_eWh :

$k_c = 50$°C deci : $t_d = 120$°C, $t_{in} = 70$°C ; $h_{ec} = 1{,}10$ kg/m².m și $d_{ec} = 450$ mm.

Concluzii

Stabilirea parametrilor rețelelor de termoficare cu apă fierbinte, trebuie făcută numai prin calcule tehnico-economice. Alegerea de la început fără verificare a temperaturilor 130°C și 70°C (ducere și întoarcere) a căderii de presiune și a diametrului corespunzător ca valori valabile în orice condiții este eronată deși cifrele 130/70°C se întîlnesc foarte des. Fiecărei situații date îi corespund anumiți parametrii economici și pentru aceiași situație tehnică indici de preț diferiți pot conduce la valori diferite ale parametrilor economici.

Din exemplului prezentat se poate urmări influența prețului combustibilului și a energiei electrice consumate pentru pompare. Pentru situația studiată în zona combustibililor ieftini, prețul energiei electrice pentru pompare, nu joacă un rol determinativ în stabilirea parametrilor economici.

Folosirea în CET, a unor combustibili mai scumpi, face ca parametrii economici să fie mult influențați de prețul energiei electrice.

Bibliografie

[1] *Dunaevski N. I.* : Bazele tehnico-economice ale termoficării, Gosenergoizdat, Moscova, 1952.

[2] *Kopiev S. F.* : Termoficarea, Stroizdat, Moscova, 1940

[3] *Sokolov E. I.* : Rețele termice, Gosenergoizdat, Moscova, 1948.

[4] *Sokolov E. I.* : Problemele tehnice ale dezvoltării rețelelor termice. Problemele tehnice ale termoficării, Gosenergoizdat, Moscova, 1952.

[5] *Rîjkin V. I.* : Alegerea parametrilor raționali pentru rețelele termice cu apă. Problemele tehnice ale termoficării, Gosenergoizdat, Moscova, 1952.

[6] *Sokolov E. I.* : Unele probleme ale exploatării rețelelor termice urbane, Electriceskie Stanți, nr. 3/1952.

[7] *Kopiev S. F.* : Alimentarea cu căldură, Stroizdat, Moscova 1953.

[8] *Melentiev L. A.* : Problemele de bază ale termoenergeticii industriale, Gosenergoiidat. Moscova, 1954

Parametrii economici pentru ipotezele examinate *Tabela 8*

Parametrii economici	Unitatea	$p_e = 0{,}10$ lei/kWh			$p_e = 0{,}20$ lei/kWh			$p_e = 0{,}30$ lei/kWh			$p_e = 0{,}40$ lei/kWh		
		$p_c = 100$ lei/t	$p_c = 180$ lei/t	$p_c = 260$ lei/t	$p_c = 100$ lei/t	$p_c = 180$ lei/t	$p_c = 260$ lei/t	$p_c = 100$ lei/t	$p_c = 180$ lei/t	$p_c = 260$ lei/t	$p_c = 100$ lei/t	$p_c = 180$ lei/t	$p_c = 260$ lei/t
t_{ec}	°C	50	50	40	60	50	50	70	50	50	75	60	50
h_{ec}	kg/m² · m	4,50	4,50	3,50	1,75	1,52	1,52	1,46	1,10	1,10	1,16	0,96	0,90
d_{ec}	mm	350	350	400	350	400	400	350	450	450	350	450	450

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Резюме

Даются ряд соотношений, позволяющих с технико-экономической точки зрения определить характернистические параметры теплофикационных сетей горячей воды, так ваемые экономические параметры и именно: диаметр труб, потеря давления в теплофи-назыкационной сети и разность между температурой воды при выходе из ТЭЦ и рекуперированной водой, для расчет ной наружней температуры. На конкретном примере выявляется влияние стоимости горючего и электроэнергии на определение экономических параметров.

Înlocuirea bateriilor de acumulatoare în centralele şi staţiile electrice

Ing. E. COSTIN

Se pune în discuţie o problemă foarte actuală şi mult dezbătută în literatura tehnică propunîndu-se o renunţare treptată la folosirea bateriilor de acumulatoare în centralele şi staţiile electrice.

Pentru alimentarea unor servicii interne din centralele şi staţiile electrice, cum sînt circuitele de protecţie, circuitele de control, comanda de la distanţă, iluminatul de siguranţă, curentul necesar trebuie debitat de o sursă special desemnată în acest scop.

Pînă acum, pentru scopurile indicate mai sus s-a folosit curentul continuu, pe baza unor considerente adînc înrădăcinate în tradiţia proiectării centralelor şi staţiilor. Unul din aceste considerente ar fi că bobinele releelor, bobinele de acţionare, în general, lucrează cu mai multă stabilitate în curent continuu. Aceste bobine reprezintă partea principală a circuitelor operative — ale protecţiei circuitelor de control şi de comandă din staţii.

Sursa de curent care deserveşte circuitele operative nu trebuie să depindă în niciun fel de schema de curent alternativ a centralei ori a staţiei. Aceasta, pentrucă este necesar ca protecţia, controlul şi comanda să acţioneze mai cu seamă în momentul producerii oricărui fel de avarii în reţeaua principală de curent alternativ. Intrucît în cazul pierderii totale a tensiunii pe barele de curent alternativ este necesară alimentarea şi a altor circuite afară de cele indicate mai sus, cum este de exemplu iluminatul de siguranţă, este necesar ca toţi consumatorii de mare însemnătate să fie alimentaţi pe toată durata avariei de la o sursă de curent independentă. Deoarece sursa aceasta este de curent continuu, toţi consumatorii perioadei de avarie sînt alimentaţi în curent continuu. In practica proiectării centralelor şi staţiilor electrice există obiceiul de a folosi ca sursă de curent continuu bateriile de acumulatoare. Actualele baterii de acumulatoare nu sînt decît rămăşiţele din ce în ce mai mici ale vechilor centrale cu acumulatoare, demult ajunse de domeniul istoriei.

Folosirea bateriilor de acumulatoare are la baza sa ideea avantajelor pe care acestea le-ar prezenta în raport cu orice altă sursă de curent în general, cu orice altă sursă de curent continuu în special. Aceste avantaje ar fi :

1. Stabilitatea satisfăcătoare a tensiunii la borne — bateria poate fi astfel calculată încît, cu ajutorul comutatorului, tensiunea să nu varieze peste limitele admise de către consumatorii de serviciu.

2. Bateria de acumulatoare este compusă din elemente statice (fără părţi ce se mişcă), ceea ce dă o garanţie în plus asupra siguranţei funcţionării.

Dezavantajele bateriilor de acumulatoare

In general însă nu se ţine seama că bateriile de acumulatoare prezintă o serie de dezavantaje mai ales din punct de vedere economic şi al exploatării :

1. Cantităţi însemnate de plumb, material ce poate avea altă destinaţie mult mai utilă.

2. Incăperi special amenajate pentru baterie, cu fundaţie solidă, podea din materiale anticorosive, ventilaţie forţată etc.

3. Gospodării chimice şi de materiale de rezervă.

4. Personal permanent de exploatare pentru staţii, care altfel ar putea fi exploatate prin controale periodice.

In afară de acestea, calităţile bateriei de acumulatoare nu sînt totdeauna cele considerate ; deseori bateria de acumulatoare nu a funcţionat normal tocmai în momentul avariei, cînd era mai necesară manipularea aparatajului ori funcţionarea protecţiei.

Datorită creşterii continue a stabilităţii şi siguranţei funcţionării, schemele de conexiuni ale centralelor, cuprinzînd şi schemele de alimentare ale serviciilor auxiliare, au suferit mai ales în timpul din urmă însemnate modificări. De exemplu s-a renunţat la alimentarea serviciilor auxiliare prin generatoare speciale, întrucît avariile urmate de pierderea totală a tensiunii pe barele principale ale centralei ori ale staţiei au ajuns să fie azi practic cu totul improbabile. Atîta timp cît există conexiuni cu alte staţii şi centrale la toate tensiunile înalte, pierderea totală a tensiunii într-o centrală ori staţie este într-adevăr practic imposibilă la o funcţionare corectă a protecţiei.

Consumatorii alimentaţi în curent continuu

In general consumatorii reţelei de curent continuu sînt de patru categorii :

1. Protecţia şi sistemul de semnalizări al centralelor ori staţiilor reprezintă desigur consumatorul de curent continuu de cea mai mare răspundere.

Acest consumator pune condiţii destul de severe sursei de curent : variaţiile tensiunii influenţează asupra funcţionării protecţiei ; la scăderi ale tensiunii sub 85% din cea nominală releele nu mai acţionează. In plus, se pun condiţii severe în privinţa izolaţiei circuitelor orice punere la pămînt în aceste circuite poate deregla protecţiile, unele relee pot demara şi astfel să dea comenzi greşite.

Unele din releele sistemului de protecție se pot afla în permanență sub tensiune. Așa dar, această categorie de consumatori reprezintă pentru sursa de curent o sarcină permanentă, care însă este foarte redusă.

2. Un alt consumator, de asemenea de importanță deosebită îl reprezintă dispozitivele de acționare ale întrerupătoarelor atît în cazul acționării lor pneumatice, cît mai ales în cazul acționării electro-magnetice. Acesta nu este un consumator permanent, sarcina apare sub formă de șocuri de curent neprelungite însă destul de însemnate : 30—200 A pentru anclanșare.

Bateriile de acumulatoare suportă cu greu acest consumator care provoacă scăderi bruște ale tensiunii datorite șocurilor de curent. Prin scăderea tensiunii sînt loviți ceilalți consumatori.

Pe de altă parte este foarte posibil ca în cazul unei avarii în instalația dată, bateria de acumulatoare să se fi descărcat într-atît după lichidarea avariei încît să nu mai poată provoca șocul de curent necesar anclanșării uneia ori mai multor întrerupătoare, anclanșare necesară repunerii în funcțiune normală a instalației.

3. Un alt consumator este iluminatul de siguranță, sarcina căruia apare în cazul avariilor și depinde de mărimea centralei ori stației, el reprezentînd circa 25% din luminatul normal. Anumite puncte luminoase, în locuri de o importanță deosebită pentru funcționarea instalațiilor (panouri de comandă etc.) reprezintă o sarcină permanentă.

4. In sfîrșit, ultima categorie de consumatori cuprinde diversele motoare alimentate dintr-un motiv sau altul în curent continuu. Ele pot funcționa permanent ori pot fi păstrate în rezervă, unele au rolul de a permite reglarea în limite largi a turației, altele sînt prevăzute pentru cazuri de avarii, ca de exemplu motoare pentru pompele de ulei. In general, în ultimul timp s-a renunțat la acționarea de rezervă în curent continuu iar rezerva se realizează cu turbine cu abur, ca fiind mai sigură decît cea în curent continuu. Totuși, de cînd se trece la automatizarea alimentării agregatelor de cazane în circuite apare necesitatea reglării largi a turației uneia ori alteia dintre instalații (de exemplu, a alimentatoarelor în cazul automatizării alimentării cu cărbuni).

Această categorie de consumatori lucrează în condiții deosebite față de ceilalți consumatori prin aceea că suferă foarte numeroase puneri la pămît. De aceea alimentarea lor este făcută în general prin surse separate (convertizoare, motoare, generatoare) pînă în momentul avariei, cînd și aceștia trec asupra bateriei, cu toate urmările ce decurg : înrăutățirea regimului celorlalți consumatori de curent continuu.

Pentru motoare, condițiile variației tensiunii sînt ceva mai ușoare : se pot suporta variații de ± 10—15%.

Căi de limitare și reducere a rețelei de curent continuu

Atît în chestiunea schemelor principale de conexiuni, atinse mai sus în treacăt, cît și în chestiunea schemei de curent continuu, linia științifică pe care se merge azi mai ales în Uniunea Sovietică, este aceea de a concentra totul în scheme cît mai simple, cu cît mai puține elemente eterogene.

Incercările făcute în diverse sisteme energetice ale URSS (Azenergo, Mosenergo etc.) sînt concretizate în literatura de specialitate printr-o serie de propuneri care arată avantajele limitării și chiar renunțării la curentul continuu operativ. Numărul însemnat al acestor propuneri este o dovadă în plus a importanței ce se acordă acestei probleme.

In afară de propunerile de a trece întregul sistem al protecției, semnalizărilor și comenzilor la acționare în curent alternativ, care ar aduce însemnate economii prin renunțarea la surse speciale de energie, la întreaga rețea secundară, și chiar la unele relee (cele intermediare ori maximale, la utilizarea schemelor fără relee), prin reducerea simțitoare a cablurilor de semnalizare, comandă și control, apar propuneri de alt gen — de limitare a curentului continuu și de utilizare a bateriilor de acumulatoare de capacitate și tensiune reduse, 12—24 V. De asemenea s-a făcut propunerea de a acționa întrerupătoarele prin dispozitive cu acumulare de energie mecanică (arc, greutate), precum și propunerea înlocuirii bateriilor de acumulatoare prin alte surse — generatoare de curent continuu cu diverse acționări.

Deși s-au obținut de acum succese însemnate în ceea ce privește protecția de bună calitate bazată pe curent alternativ, ([3], [7], [9], [12], [5] etc.) deși există și dispozitive mecanice de acționare a întrerupătoarelor, totuși ar fi încă prematur să se pună problema trecerii totale la curent alternativ operativ în centrale și stații. Aceasta pentru că deocamdată există atît o industrie bine calificată ce produce aparataj pentru curent continuu, cît și personal bine calificat pentru reglarea și manipularea acestui aparataj. Aparatajului bazat pe curent alternativ îi lipsesc tocmai aceste lucruri și altele ca, de exemplu, experiența în exploatare. Pînă la crearea tuturor acestor elemente, alta trebuie să fie linia pentru a obține micșorarea sau chiar înlăturarea definitivă a părților negative pe care le are azi bateria de acumulatoare.

Una din posibilitățile cele mai eficiente de îmbunătățire a instalațiilor este limitarea curentului continuu operativ, paralel cu înlocuirea bateriilor de acumulatoare prin generatoare de curent continuu acționate prin diverse mijloace.

Știind că fiecare stație, oricît de redusă, utilată cu întrerupătoare cu acționare electromagnetică, necesită o sursă specială de curent continuu și că montarea unei baterii de acumulatoare pentru o astfel de stație este de circa 5—8 ori mai costisitoare decît instalarea unor generatoare de curent continuu, ne putem da seama că mai ales pentru stațiile reduse și pentru stațiile centralelor de putere mică și mijlocie, instalația propusă pentru înlocuirea bateriilor de acumulatoare are efecte economice însemnate.

Desigur că fiind vorba — după cum s-a arătat mai sus — de o propunere menită să acopere o perioadă de tranziție în practica proiectării centralelor și stațiilor, aceasta nu este orientată la aplicări în centrale de mare putere ori stații ce au mare însemnătate pentru funcționarea sistemelor. Propunerea se orientează tocmai la acele stații de mică amploare, în cazul cărora s-a arătat că ea poate da și efecte economice sensibile.

Pentru a asigura acestei noi instalații o stabilitate și o securitate în exploatare cel puțin egale cu acelea ale bateriei, sînt necesare o serie de măsuri și unele probleme trebuie rezolvate în funcție de necesitățile consumatorilor de curent continuu.

Posibilități de utilizare a diverșilor agenții de acționare

Pentru a obține în exploatarea noii instalații o siguranță cel puțin egală cu aceea a bateriei de acumulatoare care lucrează independent de barele principale ale centralei ori stației, este necesară în primul rînd o multiplă alimentare a consumatorilor, care să țină seama de condițiile arătate la clasificarea acestora. Mai mult decît atît, este necesară o astfel de acționare a generatoarelor de curent continuu, care să asigure totala independență față de avariile survenite în schema principală de comutații. Este indicat să se utilizeze diferiți agenți de acționare, cum ar fi aburul (mici turbine), apă (de asemenea mici turbine) benzina (motoare cu combustie internă), sau să se folosească anumite scheme de acționare legate de agregate deja existente în instalația uzinei.

Intrucît se ridică problema acționării, vom trata pe rînd diferitele posibilități ce apar în centralele termoelectrice urmînd ca apoi să indicăm cele mai simple metode de combinare a acestora între ele pentru mărirea siguranței de funcționare.

In centralele hidroelectrice sînt aplicabile unele din variantele arătate mai jos (cele care se bazează pe motoare cu combustie internă), precum și variante bazate pe acționare hidraulică — o mică turbină cu apă. O astfel de posibilitate a fost tratată nu de mult în literatura sovietică de specialitate [11] și este foarte apropiată de variantele de acționare cu turbine cu abur.

1. *Turbinele cu abur*, de tipul celor folosite pentru acționarea de rezervă a pompelor de alimentare cu apă a cazanelor, pot fi foarte bine utilizate și pentru acționarea generatoarelor de curent ontinuu. Instalarea a trei agregate pe același ax (turbina pompa, generatorul de curent continuu) nu reprezintă o problemă pentru nivelul actual al tehnicii. Puterea necesitată în plus, peste cea necesară pompei de alimentare, este foarte redusă (aproximativ cu 10% mai mare).

După cum se vede condițiile sînt destul de favorabile. Se pune însă problema regimului de funcționare a turbinei : ea este în general, ținută în rezervă și pusă în funcțiune numai în momentul opririi motoarelor electrice. Aceasta pe de o parte, înseamnă că agregatul dat este influențat de avarie, depinde întrucîtva de ea (există principial posibilitatea ca el să refuze în acel moment să pornească, să refuze deci sarcina) pe de altă parte procesul de pornire, fie și automată, (întrucît numai acest fel de pornire poate fi întrebuințat în cazul nostru) este destul de îndelungat, circa 30—45 s ori de curent continuu este nevoie în permanență.

In Uniunea Sovietică, în ultimul timp, astfel de turbine sînt folosite pentru funcționare permanentă, în cazul în care aburul după turbină poate fi utilizat în ciclul de preîncălzire a apei [14]. Cum acest lucru la centralele nou proiectate este todeauna posibil, ba mai mult, există posibilitatea utilizării aburului la procese de încălzire, tehnologice etc. turbina poate lucra permanent. Subliniem în treacăt că în acest caz randamentul procesului termic este de natură să dovedească economia utilizării turbinei în comparație cu utilizarea motoarelor electrice.

2. *Motoarele cu combustie internă*, mai ales cele de automobil, sînt foarte indicate pentru acționarea generatoarelor de curent continu, cu atît mai mult cu cît ele sînt cu totul independente de orice latură a funcționării centrale. Aici însă intervine atît problema economiei de combusibil, care avînd în vedere randamentul relativ scăzut al motoarelor cu combustie internă nu permite folosirea permanentă a acestora cît și problema uzurii motoarelor care duce la aceeași concluzie. Ele pot servi numai în caz de avarie, putînd fi acționate automat prin cuple de fricțiune cu comandă electromagnetică, ori prin pornire automată pe bază de starter. Este deci necesar ori să existe un alt agregat separat, care să furnizeze curent continuu în regim normal (grup motor — generator de exemplu), ori ca pe același ax să apară trei mașini : motor de curent alternativ, generator de curent continuu și motor cu combustie internă ; între ultimele două este necesară cupla electromagnetică. Existența a doua agregate separate, unul pentru regim normal și altul pentru regim de avarie, impune o bună funcționare a automatizării și un control frecvent al pornirii automate a motorului cu combustie internă.

Acest tip de acționare este util pentru uzine hidroelectrice ori pentru stații, în care aburul lipsește ca agent de acționare.

3. Ca agent de acționare pot fi de asemenea întrebuințate *motoarele sincrone în regim de supraexcitație*, aflate pe același ax cu turbine cu abur și cu pompe de alimentare, de exemplu. In regim normal, aceste motoare lucrează primind curent de la sursa centrală și acționează pompele ; în momentul avariei, odată cu pierderea tensiunii, ele trec instantaneu în regim de generator, turbina pornește automat și ia asupra sa sarcina atît a pompei cît și a generatorului. In momentul acestei treceri, un automat secționează barele serviciilor auxiliare așa fel încît

pe barele generatorului să rămînă doar sarcina de avarie dinainte calculată. Această sarcină este compusă între altele din unul sau mai multe grupuri convertizoare ce funcționează în permanență și deci nu reacționează la schimbarea sursei de alimentare, datorită volantului ce se află pe axul lor și de rolul căruia se va vorbi mai jos. (fig. 1).

In cazul acestei variante iluminatul de siguranță poate trece la curent alternativ, asupra

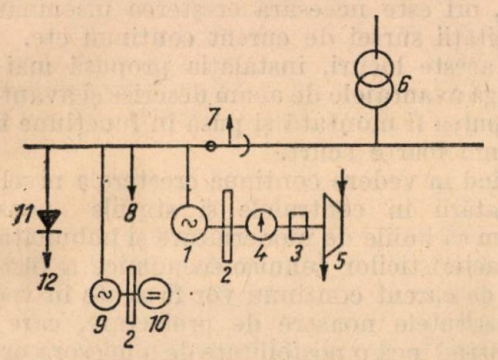


Fig. 1

1,—motor sincron; *2*—volant; *3*—cuplă electromagnetică; *4*—pompă de alimentare; *5*—turbină cu abur; *6*—transformatorul serviciilor auxiliare; *7*—automat j.t.; *8*—iluminatul de siguranță; *9*—motor asincron; *10*—generator de curent continuu; *11*—redresor cu selen; *12*—către relee.

generatorului de curent continuu rămînînd doar sarcina diverselor motoare de curent continuu și suportarea șocurilor de închidere a acționărilor electromtagnetice.

4. *Pentru centralele și stațiile mici*, unde sarcina de curent continuu este redusă, pot fi utilizate redresoare statice cu seleniu. Ele sînt foarte utile în exploatare, prin aceea că nu necesită o urmărire atentă și sînt foarte durabile. Utilizarea lor împreună cu sistemul descris la punctul 3 de exemplu poate aduce reale foloase în exploatare.

5. *Pentru a asigura alimentarea cu o înaltă stabilitate și siguranță, a unora din consumatorii de curent continuu* — este vorba de cei de răspundere: protecția prin relee, semnalizările și comenzile — pot fi folosite de asemenea bateriile mici de acumulatoare cu voltaj redus (12 V, 24 V) ori chiar baterii de acumulatoare uscate. Acestea sînt și foarte ieftine și, cum cantitatea necesară este foarte mică, ușor de înlocuit.

Aceste baterii pot funcționa fiind încărcate de către elemente de redresare cu selen, cu care ar putea funcționa chiar în regim de acumulatoare tampon.

Măsuri pentru mărirea siguranței de funcționare a schemei

După cum s-a arătat mai sus, dintre consumatorii de curent continuu, trebuie deosebiți din punct de vedere al importanței lor, cei legați de protecție, semnalizări și comandă. Pentru mărirea siguranței funcționării acestora, alimentarea lor trebuie separată de a celorlalți consumatori. Ea se poate face cu ajutorul redresoarelor cu selen, ori a unor mici baterii de acumulatoare funcționînd în regim de acumulatoare — tampon.

Acționarea întrerupătoarelor trebuie trecută în curent alternativ prin schimbarea parametrilor bobinelor de acționare, ori trebuie făcută cu ajutorul dispozitivelor mecanice care capătă o tot mai largă întrebuințare.

Ceilalți consumatori de curent continuu pot fi alimentați de la generatoarele ce funcționează după una din variantele descrise mai sus.

Aici trebuie să se țină seama de cîteva chestiuni. In primul rînd este de dorit ca generatorii utilizați să funcționeze în regim de saturare accentuată a fierului, spre a asigura stabilitatea tensiunii la borne în limite largi de variații ale sarcinii.

In al doilea rînd, sarcina generatoarelor de curent continuu trebuie astfel calculată în regimul normal și în cel de avarie, încît sarcina să nu scadă sub 40—50% din cea nominală (sub aceste valori regimul devine nestabil).

Variantele de acționare a generatoarelor de curent continuu expuse mai sus, înlătură posibilitatea influenței avariilor, petrecute în schema principală a conexiunii a centralei, asupra sursei de curent continuu. Pentru înlăturarea influenței avariilor ce pot surveni cu generatorul de curent continuu însuși ori la sistemul lui de acționare, este necesară prevederea unei a doua surse de curent continuu care să fie păstrată în rezervă orincînd gata de a prelua sarcina. Sistemul de acționare al acestui al doilea agregat poate fi sau același ca și al primului sau diferit, alegerea trebuie făcută de la caz la caz în funcție de condițiunile locale.

Astfel ambele agregate pot fi triple: turbopompă generator (în centrale există maximum două turbopompe, conform prescripțiilor).

Agregatul permanent poate fi un grup convertizor; ca rezervă poate servi o turbopompă — generator.

Ca agregat de rezervă, pe lîngă sistemul descris la pct. 3 de mai sus, poate fi considerată tot o turbopompă + generator și așa mai departe.

Așa cum au fost descrise pînă acum, agregatele mai ales cele cu acționare electrică, au un defect principial; în momentul pierderii tensiunii curentului alternativ, sau foarte curînd după aceea, tensiunea curentului continuu scade sub limita admisibilă pentru consumatori și deci se ivește a pauză în alimentare.

Pentru a evita această pauză, se instalează pe axul agregatului un volant care în timpul funcționării normale acumulează suficientă energie cinetică pentru a putea menține numărul de turații deasupra minimului admis, vreme de 8—10 s. Din calculele efectuate reiese că masa volantului întrece 500 kg pentru agregate de 25—30 kW.

Volantul trebuie să fie deci o parte nelipsită a agregatelor (fig. 1)

Protecția agregatelor și automatizarea pornirii agregatului de rezervă apare destul de simplă.

In cazul turbopompă + generator, la defectarea turbopompei, impulsul de la admisia acesteia (protecția turbinei acționează în primul

rînd asupra ei) serveşte la pornirea rezervei. Tot la pornirea rezervei este îndreptat şi impulsul de la organul de minimă tensiune, în cazul defectării generatorului de curent continuu.

Cazul agregatului convertizor (motor-generator) este similar, cu singura deosebire că la defectarea motorului impulsul vine de la organul de minimă tensiune ori de la protecţia motorului.

In cazul existenţei a două agregate : motor de curent alternativ, generator de curent continuu, motor cu combustie internă, automatizarea se poate concepe astfel, încît fiecare din agregate să poată lucra permanent. celălalt fiind în rezervă.

In toate cazurile la alcătuirea schemei de conexare automată a generatorului de curent continuu de rezervă în locul celui permanent, trebuie să se evite funcţionarea lor în paralel chiar şi scurt timp. Aceasta se poate face trecînd impulsul de anclaşare a rezervei prin bloccontactele întrerupătorului agregatului permanent.

Concluzii

Instalaţia concepută în modul indicat în acest articol. care este aplicabilă îndeosebi în staţiile centralelor de putere mică şi medie şi în staţiile reduse, are cîteva însemnate avantaje asupra bateriei de acumulatoare, fără însă a ştirbi din calităţile de stabilitate şi siguranţă pe care orice sursă de curent continuu din centralele şi staţiile electrice trebuie să le aibă :

1. Inlătură folosirea unor materiale mai rare (plumbul).

2. Ieftineşte în mod simţitor instalaţia de curent continuu. In adevăr, calculele arată că o instalaţie proiectată în acest mod este de circa 5—8 ori mai ieftină decît bateria de acumulatoare.

3. Uşurează exploatarea, întrucît nu necesită personal special iar materialele de rezervă sînt comune pentru mai multe agregate (mai există în centrală şi alte motoare de curent continuu).

Faptul că în revistele de specialitate din U.R.S.S.se tratează tot mai des problema înlocuirii parţiale ori totale a elementelor schemei de curentc ontinuu, este un indiciu că problema înlocuirii bateriei de acumulatoare este coaptă pentru rezolvare.

Tinînd seama de aceste tendinţe, precum şi de avantajele însemnate pe care le prezintă la bateriile de acumulatoare, Direcţia tehnică a Ministerului Centralelor Electrice al U.R.S.S. a elaborat o hotărîre (nr. 9/E din 12.04.54) prin care stabileşte măsurile imediate necesare pentru extinderea domeniului de utilizare a curentului alternativ, operativ pentru protecţia prin relee, automatică, telemecanică şi comandarea de la distanţă a întrerupătoarelor [13].

In instalaţiile energetice din ţara noastră, instalaţia propusă îşi găseşte aplicarea mai ales în lucrările de extindere a centralelor şi staţiilor, în lucrările în care este necesară montarea de dispozitive de anclaşare electromagnetică a întrerupătoarelor în lucrările în care este necesară montarea unor surse de curent continuu de alte tensiuni şi caracteristici decît cele existente, ori este necesară creşterea însemnată a capacităţii sursei de curent continuu etc.

In aceste locuri, instalaţia propusă mai are pe lîngă avantajele de acum descrise şi avantajul de a putea fi montată şi pusă în funcţiune într-un timp foarte scurt.

Avînd în vedere continua creştere a nivelului exploatării în centralele şi staţiile noastre, credem că liniile de modernizare şi îmbunătăţire a caracteristicilor tehnico-economice a instalaţiilor de curent continuu vor fi avute în vedere de institutele noastre de proiectare, care capătă astfel încă o posibilitate de a micşora preţul de cost al instalaţiilor proiectate.

Bibliografie

[1] *Glazunov A. A.* : Partea electrică a centralelor şi staţiilor electrice. E.E.S., 1953.

[2] *Vasiliev A. A.* : Bateriile de acumulatoare în sistemele electrice, Ed. M.E.E., 1951.

[3] *Melnik P. M.* : Protecţia muncii prin relee în curent alternativ — operativ, D.T.V.U, Kiev, 1952.

[4] *Prujanski A. M.* : Despre bateriile de acumulatoare în centralele electrice de putere mică şi medie Elektriceskie Stanţii, nr. 1/1953.

[5] *Krasilnikov G. S.* : Dispozitiv universal mecanic de acţionare de tip U.G.P. pentru reanclanşarea şi anclanşarea automată a rezervei la întrerupătoarele 3—35 kV, Electriceskie Stanţii, nr. 6/1953.

[6] *Iohanson N. E.* şi *Kuzicikin I. G.* : Comanda de la distanţă în centrale electrice fără utilizarea bateriilor de acumulatoare puternice Elektriceskie Stanţii, nr. 7/1953

[7] *** : Extinderea domeniului de utilizare a curentului alternativ operativ. Discuţie. Electriceskie Stanţii, nr. 10/1953.

[8] *Stromialnikov I. A.* : Avantajele utilizării curentului alternativ operativ, Electriceskie Stanţii, nr. 1/1954.

[9] *Zeilidzon E. D.* : Despre alimentarea circuitelor de comandă ale întrerupătoarelor şi a telemecanicii în staţii în curent alternativ Electriceskie Stanţii, nr. 1/1954.

[10] *Iohanson N. E.* şi *Kuzicikin I. G.* : Curentul operativ în centralele electrice fără baterii de acumulatoare Elektriceskie Stanţii, nr. 1/1954.

[11] *Kurdiani I. S.* şi *Ruhvadze E. M.* : Despre extinderea domeniului de utilizare a curentului alternativ operativ, Electriceskie Stanţii, nr. 5/1954.

[12] *Libinson M. M.* : Comanda de la distanţă a automatelor în curentul alternativ, Elektriceskie Stanţi, nr. 8/1954.

[13] *** : Despre extinderea domeniului de utilizare a curentului alternativ — operativ pentru protecţia prin relee, automatică, telemecanică şi comandă de la distanţă a întrerupătoarelor. Hotărîrea Direcţiei Tehnice a Ministerului Centralelor Electrice U.R.S.S., Elektriceskie Stanţii, nr. 9/1954.

[14] *Iurenev V. N.* : Centrale electrice industriale cu turbina de abur, Gosenergoizdat M. L., 1952.

Contribuţie la dimensionarea conductelor de aerare ale golirilor de fund

Dr. Ing. Paul WISNER

Se prezintă rezultatele principale obţinute cu ocazia cercetării în laboratorul hidraulic a funcţiunii conductelor de aerare ale golirilor de fund în diferite cazuri de exploatare. Se stabileşte cazul cel mai defavorabil, pentru care trebuie dimensionată conducta de aerare şi se propun pe baza rezultatelor experimentale 2 căi de calcul a acesteia. Rezultatele obţinute sînt comparate cu cele determinate în mod independent pe baza unor măsurători făcute în natură.

Lucrările hidrotehnice realizate în cadrul planului de electrificare al R.P.R. pun numeroase probleme hidraulice atît proiectanţilor cît şi cercetătorilor noştri. Calea cea mai sigură de rezolvare o constituie încercările pe modele, care capătă în ultimul timp o răspîndire din ce în ce mai mare. De multe ori însă aceste încercări pot fi fi conduse în aşa fel încît rezultatele lor să servească nu numai la rezolvarea cazului concret studiat ci să aibă un interes mai general. O asemenea încercare a fost făcută de autor în studiul prezentat aci în care s-au atacat două din problemele cele mai actuale din hidraulică--cavitaţia golirilor de fund şi antrenarea aerului de către apă.

Inlăturarea fenomenului de cavitaţie, care a fost studiată iniţial numai în legătură cu maşinile hidraulice, constituie, începînd cu construirea primelor baraje înalte, una din cele mai grele probleme hidraulice puse constructorilor hidrotehnici. Acest fenomen apare în special la golirile de fund ale marilor baraje, provocînd trepidaţii puternice, coroziunea blindajelor de oţel şi a betonului, reducerea debitului evacuat, etc. Aceasta, întrucît golirile de fund constituie locul de întîlnire al condiţiilor celor mai prielnice pentru apariţia cavitaţiei şi anume viteze mari ale apei, schimbări de direcţie ale firelor de curent şi atunci cînd se manevrează vanele, pierderi de sarcină locale importante.

Pe baza a numeroase studii de laborator în care s-au folosit pe lîngă studiul obişnuit piezometric şi metodele mai precise ale cercetării în tunelul hidrodinamic, înregistrării variaţiei cu mare frecvenţă a presiunilor, observaţia cinematografică etc. laboratoarele hidraulice au elaborat o serie de criterii şi recomandări care permit proectanţilor golirii de fund să aleagă forma optimă a prizei, traseul conductei, contracţia de la ieşirea din conductă precum şi unul din numeroasele tipuri de vane de înaltă presiune. In afară de mijloacele enumerate mai sus asupra cărora nu vom mai insista, diferiţii autori recomandă în unanimitate „aerarea suficientă" a porţiunii în care există pericol de cavitaţie. In acest scop diferite sisteme de vane cît şi prizele unor goliri de fund sînt prevăzute cu conducte de aerare, care au un important rol funcţional. *Se citează cazuri unde aerarea insuficientă a provocat deteriorarea golirii şi a împiedicat funcţionarea normală a vanelor.*

Cu ocazia studiilor făcute pentru proiectarea unei goliri de fund care lucrează la o cădere de 90 m şi în care apa are o viteză maximă de 30 m/s s-a constatat că nu există nici o cercetare care să permită alegerea corectă a dimensiunii conductelor de aerare în funcţie de toţi parametrii, care influenţează fenomenul. Mai mult, nu exista nici măcar o concepţie clară asupra felului în care funcţionează conducta de aerare, în diferitele cazuri de exploatare, ceea ce ducea uneori la un mod empiric greşit de alegere a diametrului conductei. Astfel la proiectarea mai multor goliri de fund s-a folosit relaţia :

$$F_0 V = f w$$

unde :

F_0 este secţiunea golirii de fund;
V — viteza apei în conductă;
f — secţiunea conductei de aerare;
w — viteza aerului în aceasta din urmă.

Ori, această formulă poate fi folosită numai în cazul închiderii mult mai rapide decît la golirile de fund, a vanelor de siguranţă de la conductele forţate şi este utilizată la acestea din urmă pentru a împiedica deteriorarea în urma presiunii atmosferice exterioare. Folosirea acestei relaţii la golirea de fund de mare cădere amintită mai sus ar fi condus la dimensiuni anormal de mari ale instalaţiei de aerare. Se mai întîlnesc în literatură relaţii empirice de tipul $d = \frac{D}{n}$ unde d este diametrul conductei de aerare, D diametrul golirii de fund, iar n un coeficient egal cu 3,4 sau 5. Aceste relaţii însă nu ţin seama de cădere sau debit, care influenţează în mod sigur fenomenul şi nu sînt bazate pe cercetări făcute pe model sau în natură.

Studiul bazat pe experienţe pe model ale cărui rezultate principale sînt prezentate mai jos în rezumat, a fost făcut de autor în laboratorul V.V.V. din C.S.R. între 1951—1953 în cadrul

unei lucrări de dizertație, fiind la data susținerii ei singura lucrare cunoscută de noi asupra acestei probleme. Ulterior, la ultimul congres al Asoc. internaționale de cercetări hidraulice ținut la sfîrșitul anului 1953, s-a prezentat o comunicare a laboratorului din Vicksburg unde aceeași problemă era studiată pe baza măsurătorilor făcută în natură la mai multe baraje din U.S.A. In ultima parte a lucrării se vor confrunta rezultatele acestei cercetări cu cele obținute de autor.

Nu vom intra datorită spațiului limitat în detalii asupra problemei similitudinii antrenării aerului de către apă. Reamintim că în această direcție au fost făcute în ultimii ani cercetări atît pe model cît și în natură pentru o serie întreagă de fenomene cum ar fi : scurgerea în canale cu pantă mare, antrenarea aerului de salturile hidraulice ce apar în conducte circulare și canale, antrenarea aerului de o lamă deversantă, etc. Majoritatea acestor cercetări, confirmă posibilitatea aplicării în anumite limite a legii lui Froude pentru această categorie de fenomene în special în cazul în care antrenarea are loc printr-un salt hidraulic. Ele confirmă astfel și o teză emisă încă acum 20 ani de prof. Smetana din Praga, după care o relație stabilită pe model între toți factorii care determină fenomenul de antrenare este extrapolabilă în natură — dacă se realizează pe model viteze suficient de mari, adică dacă fenomenul este calitativ același.

Bazați pe cercetările amintite mai sus, se poate admite posibilitatea de studiere a fenomenului de antrenare a aerului la goliri de fund cu ajutorul modelelor, urmînd ca problema efectului pe scară să fie rezolvată într-o a 2-a etapă, pe baza încercărilor în natură. Datorită naturii sale complexe atît analiza matematică cît și determinarea experimentală a caracteristicilor de detaliu ale fenomenului prezintă dificultăți deosebite. Din această cauză, întocmai ca și în alte cercetări de antrenare a aerului de către apă descrise în literatură, s-a condus cercetarea mai mult spre determinarea unor relații empirice între caracteristicile medii ale fenomenului. Golirea de fund care a servit drept obiect cercetării are în partea amonte două vane de tipul „vanelor ochelari". Această denumire provine din faptul că discul de închidere are o prelungire la partea inferioară, în care este practicat un orificiu avînd diametrul egal cu al conductei. Atunci cînd vana este complet deschisă, poziția discului este astfel determinată încît acest orificiu coincide perfect cu conducta. Astfel se evită neregularitățile produse de nișele vanelor plane, neregularități care la viteze mari provoacă cavitația chiar atunci cînd vana este complet deschisă. Datorită cavitației, „vanele ochelari" nu sînt folosite la poziții intermediare pentru regularizarea debitului, în acest caz preferindu-se alte tipuri. Tocmai de aceea în timpul manipulației de închidere și deschidere este prevăzută aerarea printr-o conductă care are gura imediat în aval de vană.

Această conductă de aerare, cu care așa cum s-a arătat mai sus sînt în general prevăzute golirile de fund, nu funcționează numai în cazul manipulării vanei. La nivele amonte joase apar în golirea de fund subpresiuni. De exemplu, în cazul concret studiat supresiunile în zona prizei la căderile joase atingeau 4—5 m coloană de apă, ceea ce, dacă era posibil, trebuia evitat, mai ales ținînd seama de posibilitatea unei durate mai lungi de exploatare în aceste condiții. De asemenea atunci cînd funcționează numai deversorul, iar vanele golirilor de fund sînt închise, lama de apă ce se scurge peste gura golirii de fund provoacă sugerea aerului din conductă, fiind necesară intrarea în funcțiune a conductei de aerare.

Ținînd seama de cele de mai sus, studiul a a fost condus după următorul program :

a) Determinarea prin încercări preliminare a efectului funcționării conductei de aerare pentru toate cazurile de exploatare, (manipularea vanei, nivel scăzut și deversare peste gura golirii de fund).

b) Pe baza acestor încercări preliminare, găsirea cazului de exploatare care va fi hotărîtor pentru dimensionarea conductei de aerare.

c) In urma studiului detaliat al acestui caz hotărîtor stabilirea relației experimentale pe baza căreia să se facă dimensionarea conductei de aerare.

In cele ce urmează rezultatele vor fi date sub forma unor relații între expresii fără dimensiuni. Utilizarea acestora este dealtfel răspîndită în hidraulica experimentală, principalul lor avantaj fiind acela că permite compararea între ele a fenomenelor ce au loc la scări diferite, legile căutate fiind puse în evidență atunci cînd reprezentăm grafic rezultatele experimentale. De asemenea acești parametrii fac ca formulele determinate să poată fi valabile independent de sistemul de măsură. In problema dimensionării conductelor de aerare a apărut de la început necesară găsirea unei astfel de expresii pentru capacitatea acestora. Unii autori folosesc raportul $\frac{d}{D}$ unde d este diametrul conductei de aerare și D diametrul golirii de fund. Această expresie nu poate să convină întrucît nu ține seama de lungimea și traseul conductei de aerare. De aceea în cele ce urmează s-a introdus expresia mai corectă $\vartheta' = \frac{\vartheta}{D}$ unde ϑ este diametrul unui „ajutaj ideal echivalent" care ar avea coeficientul de scurgere egal cu unitatea și ar înlocui conducta de aerare, avînd aceeași capacitate.

Calculul arată că între a și d există o legătură dată de relația :

$$\vartheta^2 = d^2 \sqrt{\frac{1}{1 + \xi_l + \xi_f}}$$

unde : ξ_l și ξ_f sînt respectiv suma coeficienților pierderilor locale și de frecare în conducta de aerare.

Pentru stabilirea valorii acestor coeficienți s-a făcut o analiză a scurgerii aerului în această conductă pentru care vom arăta numai concluzia

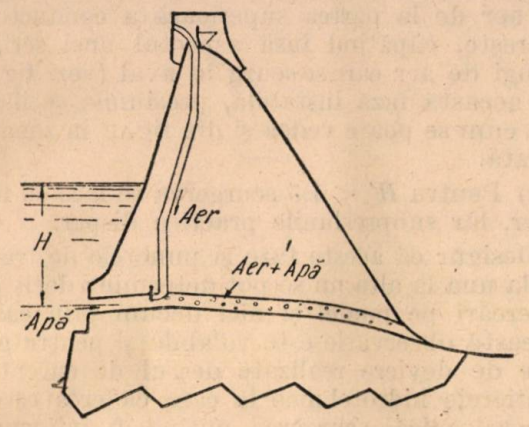


Fig. 1. Schema golirii de fund studiate

și anume că ξ_f se poate calcula ca în cazul transformărilor izoterme [4] și ξ_l după ipoteza transformărilor adiabatice ceea ce revine la o majorare a coeficienților utilizați în hidraulică.

In fotografia din fig. 2 este arătat modelul golirii de fund care a fost utilizat pentru cercetare. Diametrul său este de 10 cm și conducta este alcătuită din 2 părți și anume porțiunea prizei și vanei care este metalică și porțiunea din aval de vană din plexiglas pentru a se putea observa și fotografia aspectul scurgerii. Așa cum se vede din fotografie s-a realizat pe model și o porțiune din deversor cu ajutorul unui jgheab lat de circa 30 cm astfel ca să se realizeze la gura golirii de fund aceleași condiții ca în natură. Peste 40 de prize de presiune grupate în majoritate în regiunea vanei și prizei permiteau realizarea unui control al repartizării presiunilor, ce se puteau măsura cu tuburi piezometrice și manometre. Nivelele în turnul de presiune erau măsurate cu ajutorul unui tub de nivel precum și cu un plutitor. Debitele apei erau determinate cu un deversor triunghiular instalat la capătul unui canal în aval de model și tarat cu grijă înainte de începerea experiențelor.

Pentru a măsura debitele de aer și a putea în același timp varia în mod convenabil condițiile experiențelor, autorul a construit un dispozitiv simplu format dintr-o cutie cilindrică de tablă cu diametrul de 30 cm având practicate la capacul superior 3 orificii normalizate cu diametrul de 0,5 cm, 1 cm și 2 cm. La partea superioară a cutiei și la circa 0,5 cm sub capac s-au făcut 8 prize de presiune legate printr-un tub metalic astfel ca să se poată citi la un manometru înclinat presiunea medie. Partea inferioară a capacului era legată printr-un tub de cauciuc de circa 1 m lungime de conducta scurtă de aerare așezată pe model imediat în aval de vană. In timpul experiențelor erau întotdeauna astupate 2 orificii așa că aerul parcurgea sistemul: orificiu deschis cutie cilindrică, tub de cauciuc și conductă de aerare de plexiglas. Acest sistem corespundea unei singure conducte de aerare care avea pentru fiecare orificiu deschis altă capacitate ce se putea calcula și măsura. Cu alte cuvinte, experiențele se puteau face ca și cum golirea de fund din natură ar fi fost prevăzută cu 3 conducte de aerare diferite. Acest sistem permitea nu numai varierea condițiilor experienței ca și determinarea cu ajutorul orificiului normalizat a debitului de aer aspirat în fiecare caz precum și prin calcul deducerea subpresiunii la gura conductei de aerare (măsurarea directă a acesteia s-a arătat a fi anevoioasă, priza de presiune astupîndu-se cu picături de apă, iar conducta de legătură cu manometrul fiind în acest caz umplută cu aer).

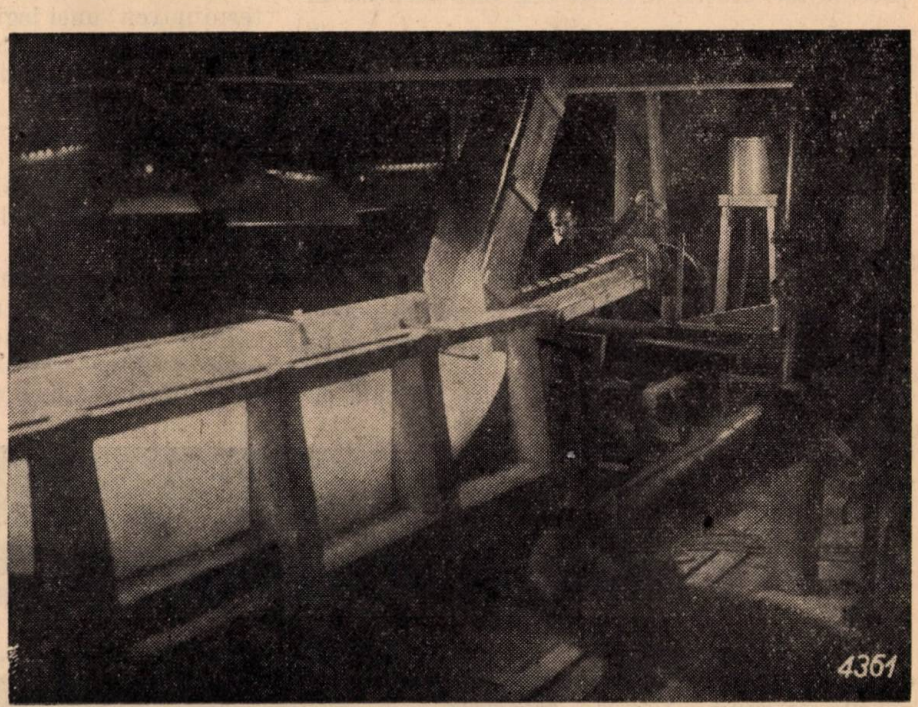


Fig. 2. Instalația experimentală.

III

A. In cazul nivelelor amonte joase s-a constatat experimental că subpresiunile apar în conducte atunci cînd $H' = \frac{H}{D} < 5{,}2$ unde H este diferența de nivel pînă la priza golirii de fund (vezi fig. 1). Această valoare experimentală a coincis suficient de bine cu cea teoretică

determinată prin calcul. Incercările au mai arătat că dacă nu este prevăzută aerarea, subpresiunea se mărește pe măsură ce se micșorează căderea, așa cum se arată în diagrama din fig. 3. In

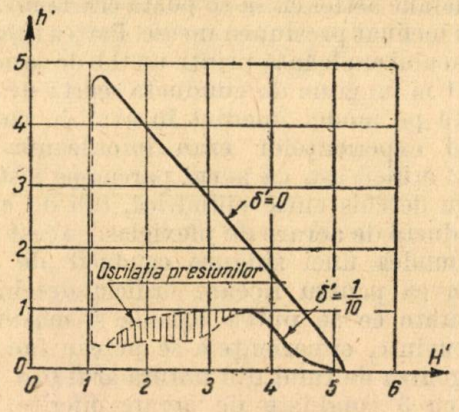


Fig. 3. Variația subpresiunilor și influența aerării în cazul căderilor joase.

aceeași diagramă se arată că dacă funcționează aerarea, subpresiunile se reduc simțitor, ceea ce era de altfel de așteptat. Mai mare interes prezintă observațiile făcute asupra influenței mărimii conductei de aerare asupra valorii subpresiunilor. Astfel a reeșit din experiențele făcute că și pentru o conductă foarte mică $\left(\frac{1}{23{,}8}=\vartheta'\right)$ reducerea presiunilor, este însemnată. Mărirea capacității conductei de aerare pînă la $\vartheta'=\frac{1}{13}$ nu are ca urmare decît o îmbunătățire neînsemnată a presiunilor. Măsurătorile au arătat că o nouă mărire a capacității, pînă la $\vartheta'=\frac{1}{10}$ nu mai influențează practic valoarea subpresiunii, care rămîne foarte mică și aceeași ca și pentru $\vartheta'=\frac{1}{13}$. Tinînd seama de faptul că datorită pantei mari și curburii de la ieșire, traseul golirii de fund studiate este mai dezavantajos decît în cazurile curente, se poate admite că în general o conductă de aerare cu coeficientul $\vartheta'=\frac{1}{13}\div\frac{1}{10}$ este suficientă pentru înlăturarea subpresiunilor produse la nivele joase în golirile de fund. Alegerea unei conducte mai mari decît reese din valoarea ϑ' indicată *ar fi neeconomică*, întrucît nu ar avea ca urmare nici o imbunătățire a subpresiunilor.

Observînd în timpul micșorării căderii aspectul scurgerii s-a mai constatat că aceasta trece prin 3 faze diferite și anume :

a) Pentru $5{,}2 > H' > 3{,}6$ se observă că în aval de gura conductei de aerisire și la partea superioară a golirii de fund se formează un fir continuu de aer care face ca scurgerea să aibă aspectul celei cu nivel liber într-o conductă aproape plină.

b) Pentru $3{,}6 > H' > 1{,}5$ porțiunea ocupată de aer de la partea superioară a conductei se mărește, căpătînd însă aspectul unei serii de pungi de aer care se scurg în aval (vezi fig. 4). In această fază instabilă, presiunile oscilează-așa cum se poate vedea și din fig. 2 în zona hașurată.

c) Pentru $H' < 1{,}5$ scurgerea se face cu nivel liber, iar subpresiunile practice dispar.

Desigur că aceste faze și punctele de trecere de la una la alta nu se pot determina decît prin încercări pe model și nici decum prin calcul. Această observație este valabilă și pentru galeriile de deviere realizate destul de curent pe șantierele hidrotehnice la care căderea este în general mică, scurgerea putînd fi influențată de fenomene de antrenare a aerului. *Este remarcabil faptul că o asemenea împărțire în faze s-a putut face și la studiul aspirației aerului în timpul manipulării vanei. „Faza critică" și cea mai importantă a fost în aceste cazuri prima, întrucît în cursul ei apar subpresiunile cele mai mari.* Spre deosebire de faza II-a ea corespunde unei aspirații continui a aerului și unui fenomen hidraulic stabil, fiind probabil că permite determinarea unei legi a antrenării. Studiul de detaliu al acestei faze nu prezintă însă interes practic în cazul concret studiat, întrucît după cum se arată mai jos ea nu este hotărîtoare pentru dimensionarea conductei de aerare. Pentru cazurile în care prin proiect conducta de aerare are rolul de a funcționa numai la nivele joase criteriul alegerii ϑ' indicat este suficient.

In afară de influența asupra presiunilor prezintă interes și efectul aerării asupra capacității golirii de fund. In această privință seria de experiențe făcute la căderi joase a arătat că variind mărimea conductei de aerare, aceasta nu

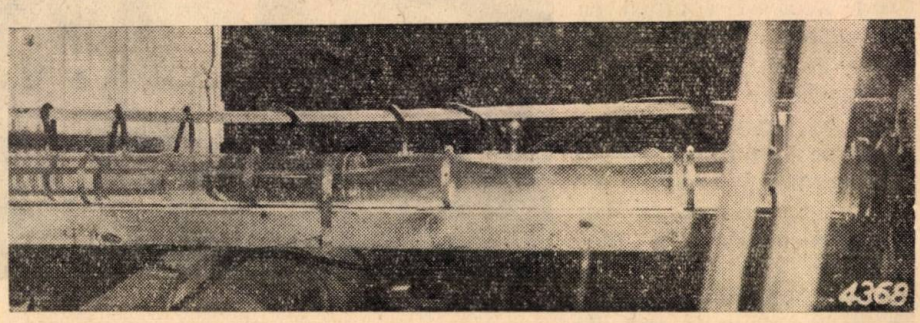


Fig. 4. Aspect caracteristic al scurgerii la căderi joase în cazul funcționării conductei de aerare (faza II)

influențează sensibil asupra debitului golirii de fund. In schimb este o *diferență destul de mare între capacitatea de fund fără aerare, sau cu o aerare* (ϑ') *chiar foarte mică*. In tabela 1 se vede că la același debit de apă nivelul amonte trebue să fie mult mai ridicat în cazul aerării.

Tabela 1

Q l/s	19,20	18,40	17,70	16,90	16,10	15,40	14,60
H' fără aerare	3,34	2,70	2,30	1,90	1,10	1,02	0,5
H' cu aerare	3,90	3,30	3,50	3,10	2,94	2,70	2,10

B. In cazul funcţionării deversorului şi scurgerii apei peste gura golirii de fund care are vanele închise, s-au făcut măsurători ale debitului de aer antrenat prin conducta de aerare pentru diferite grosimi ale lamei deversante. S-a putut constata că la lame deversante subţiri nu avem suprapresiuni în golirea de fund, întrucît are loc fenomenul de pătrundere a aerului prin lama de apă deversantă. La lame deversante mai groase subpresiunile rămîn limitate la valori nepericuloase, reeşind că nici acest caz de exploatare nu este hotărîtor pentru dimensionarea aerării.

C. Cazul manipulării vanei s-a arătat a fi cel hotărîtor pentru dimensionarea conductelor de aerare, antrenarea aerului făcîndu-se cu mult mai puternic decît în cele două cazuri precedente. Incercări preliminare au arătat că în timpul închiderii vanei se pot deosebi 3 faze ale scurgerii, arătate în fotografiile din fig. 5. Astfel:

a) La începutul închiderii vanei este o fază în care pe măsură ce se micşorează secţiunea lăsată liberă subpresiunile cresc continuu pînă la o valoare maximă care corespunde unei anumite „poziţii critice" a vanei. In timpul acestei prime faze întreaga secţiune de scurgere este ocupată cu un amestec de aer şi apă (fig. 5).

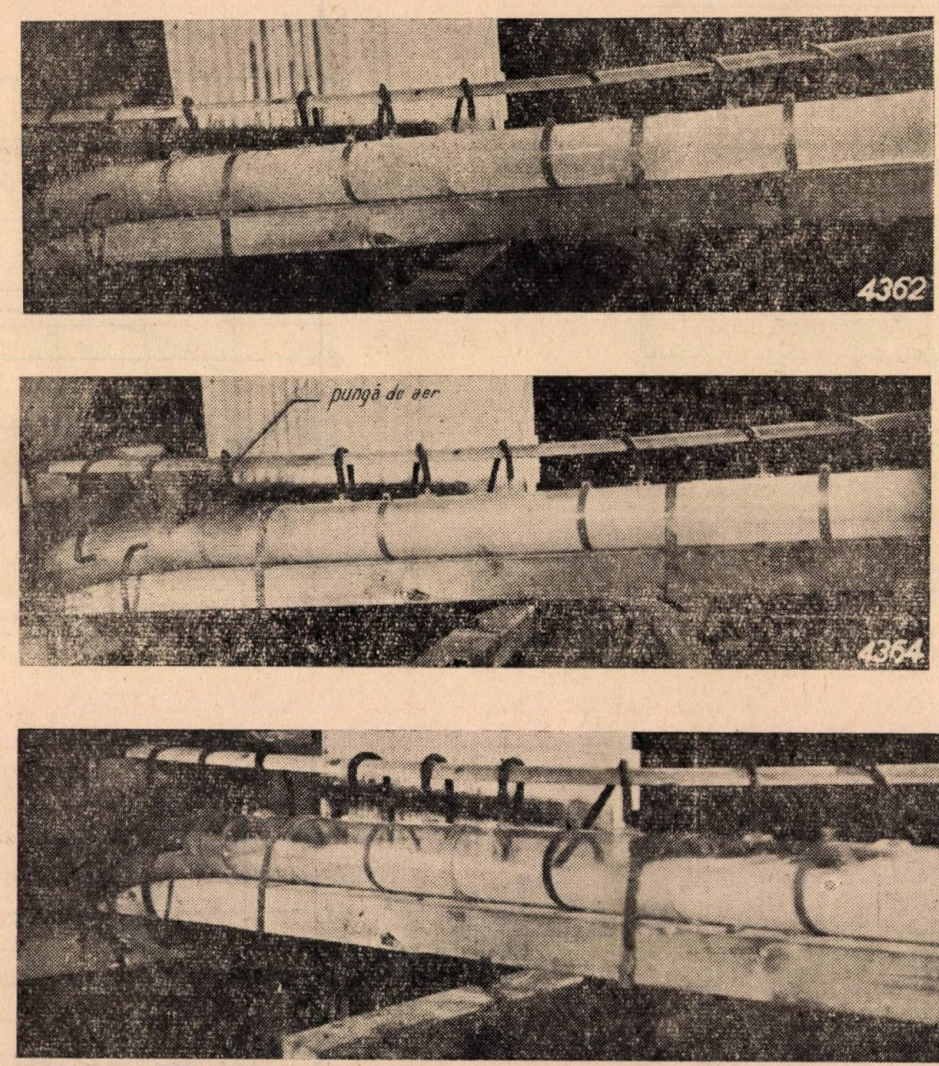


Fig. 5. Cele 3 faze ale scurgerii în cazul funcţionării conductei de aerare în timpul manevrării vanei.

b) Continuînd să se închidă vana după ce se depăşeşte „poziţia critică", scurgerea intră într-o fază nouă instabilă în care subpresiunile sînt mai mici dar oscilează puternic. In această fază s-a observat la partea curbată a conductei formarea unei pungi de aer, care se alungeşte din ce în ce mai mult în timpul închiderii (fig. 5 mijloc) şi a cărei apariţie coincide cu depăşirea poziţiei critice determinată prin măsurători de presiune. Este probabil că apariţia acestei pungi să caracterizeze momentul în care capacitatea de antrenare a aerului a conductei aval

de vană să fie mai mică decît a saltului produs la ieșirea din vană. Această ipoteză nu s-a putut verifica, modelul nepermițînd modificarea pantei aval.

c) In ultima fază de închidere a vanei scurgerea amestecului de apă și aer se face cu nivel liber, corespunzînd o scădere a subpresiunilor pînă la valori neglijabile (fig. 5) .

și capacitatea conductei de aerare determinîndu-se la fiecare experiență debitul de aer, de apă și subpresiunea.

IV

Experiențele descrise în paragraful de mai sus *au permis să restrîngem domeniul interesant pentru dimensionarea conductei de aerare la*

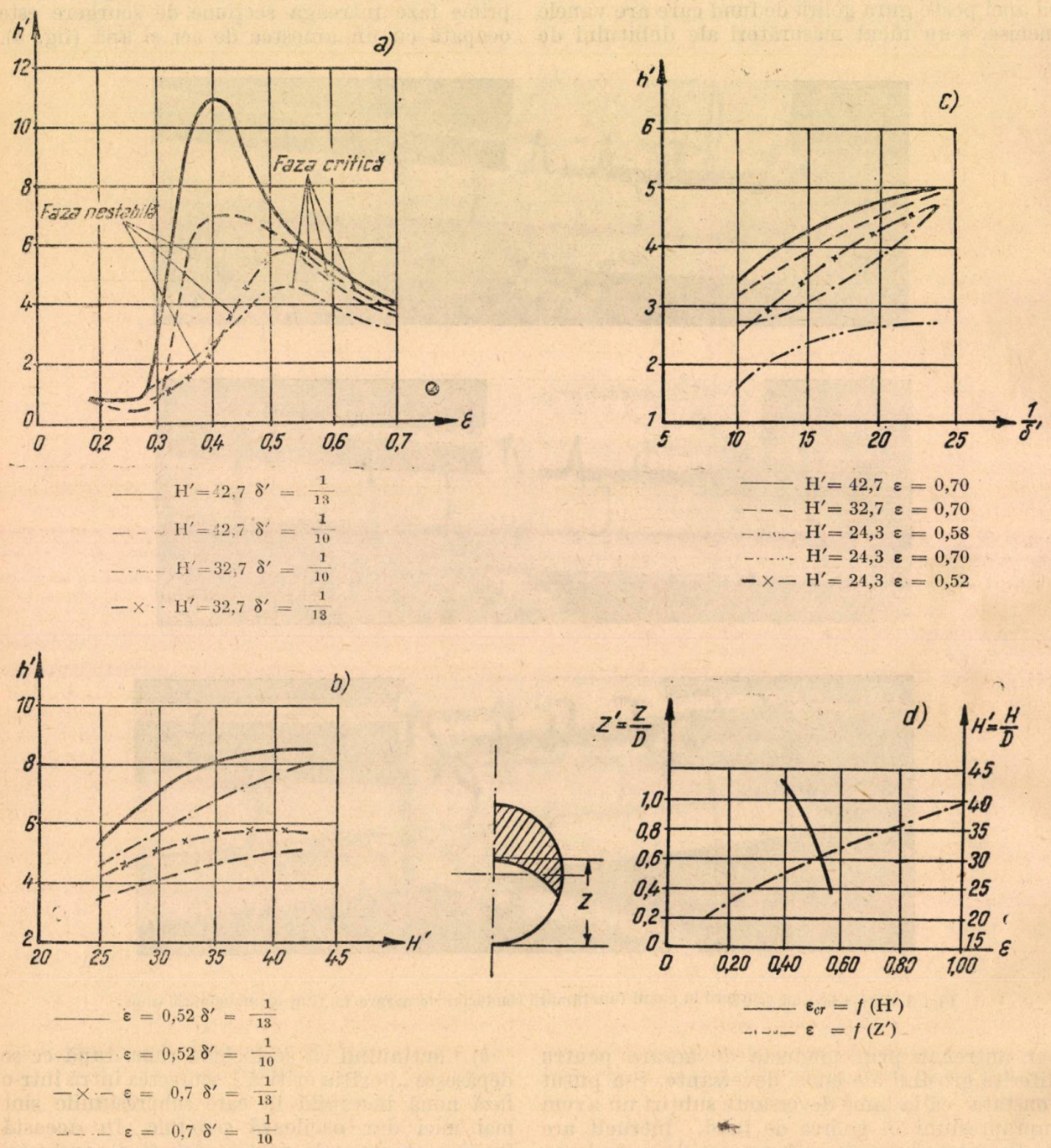


Fig. 6. Reprezentarea rezultatelor experimentale obținute pentru cazul manevrării vanei.

Intrucît manipularea vanelor, după cum s-a arătat mai sus este cazul cel mai important pentru practică, ea a fost supusă unei cercetări sistematice făcîndu-se 35 experiențe în care s-a variat în mod sistematic căderea și poziția vanei *studiul fazei critice din timpul manipulației vanei la sfîrșitul căreia și anume la poziția care a fost denumită critică are loc absorbția maximă de aer și subpresiunea cea mai mare.* Acest fenomen de antrenare a aerului este determinat prin

mai multe elemente variabile pentru a căror caracterizare s-au introdus 4 parametri, fără dimensiuni. Aceştia sînt : — capacitatea ajutajului ideal ϑ', definită în paragraful II — căderea relativă H' definită în paragraful III precum şi : — parametrul poziţiei vanei $\varepsilon = \frac{F}{F_0}$ unde F este suprafaţa strangulată sub vană şi F_0 este secţiunea liberă a conductei.
— subpresiunea relativă la gura conductei de aerare $h' = \frac{h}{D}$ unde h' este subpresiunea în metri de apă şi D este diametrul golirii de fund.

In fig. 6 sînt arătate 4 diagrame obţinute pe cale experimentală, ce arată relaţiile existente între aceşti parametri. Diagrama din fig. 6*a* arată variaţia subpresiunilor în timpul închiderii vanei adică relaţia între h' şi ε. Ramura dreaptă a curbelor reprezintă variaţia subpresiunilor în timpul primei faze „critice" de închidere ($\varepsilon < \varepsilon_{critic}$). Această fază este interesantă spre deosebire de cea următoare prin aceea că în timpul ei se poate deduce o lege după care variază presiunile. Aşa cum reiese din diagrama din fig. 6 *a* poziţia critică a vanei ε_{critic} *variază foarte puţin cu* ϑ. Incercările au arătat însă că variază cu căderea relativă H' şi anume, cu cît căderea este mai mare cu atît poziţia critică corespunde unei strangulări mai mici. Această variaţie a poziţiei critice cu mărirea căderii este arătată în diagrama din fig. 6, *d* unde avem curba $\varepsilon_{critic} = f(H')$. Această diagramă are o importanţă practică întrucît ne permite să determinăm cu aproximaţie la diferite nivele amonte poziţia cea mai defavorabilă a vanei, sub raportul pericolului de cavitaţie. In aceeaşi diagramă este arătată pentru orientare şi curba care dă legătura dintre poziţia discului de închidere al vanei ochelari şi parametrul ε. Asemenea curbe se pot determina prin planimetrare pentru orice alt tip de vană.

In diagrama din fig. 6, *b* este dată relaţia găsită între subpresiunea relativă h' şi căderea relativă H'. O concluzie care se putea *prevede şi care reiese din examinarea acestei diagrame este că pentru o conductă de aerare dată, există o cădere limită sub care nu mai există pericol de cavitaţie* ori ce poziţie ar avea vana. In fine, diagrama din fig. 6, *c* arată legătura dintre subpresiunea h' şi capacitatea conductei ϑ'. Aşa cum era de aşteptat subpresiunea creşte odată cu micşorarea conductei de aerare.

Pentru a putea dimensiona conducta de aerare şi pentru a găsi o relaţie între toţi parametri ce determină fenomenul hidraulic în faza critică observăm că pentru un ϑ' dat, subpresiunea h' se măreşte odată cu căderea relativă M' şi se micşorează cu deschiderea vanei, adică cu creşterea lui. Rezultă că se poate căuta o funcţiune $h'\left(\frac{H}{\varepsilon}\right)$. Pentru a ţine seama în fine şi de variaţia lui ϑ' consideraţii de analiză dimensională conduc la căutarea unei corelaţii între $\frac{h'}{\vartheta'}$ pe de o parte şi $\frac{H'}{\varepsilon\vartheta}$ pe de altă parte. Reprezentînd aceşti parametrii într-un sistem de coordonate la scară logaritmică, punctele rezultate din încercări se grupează în jurul unei drepte aşa cum se vede în fig. 7. Cu această corelaţie şi cu aju-

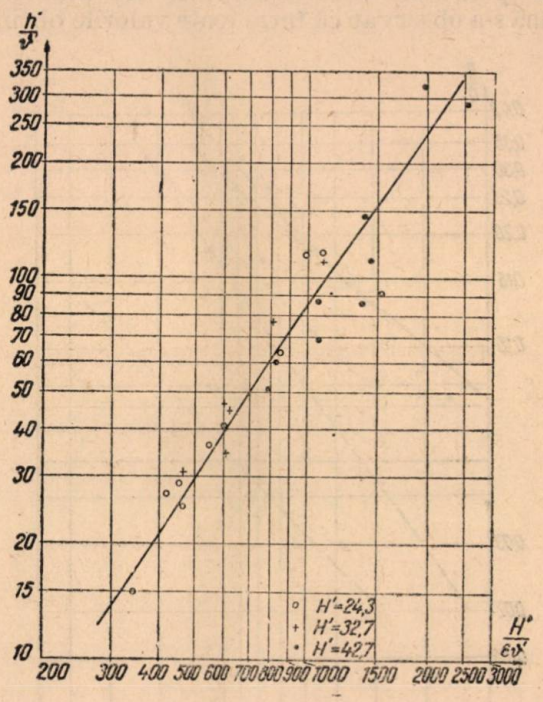


Fig. 7. Primul mod de reprezentare al funcţionări de antrenare.

torul unei diagrame de tipul celei din fig. 6 *d* care dă valoarea lui ε_{critic}, *se pot rezolva cele două probleme* puse proiectantului : 1) determinarea diametrului necesar al conductei de aerare pentru o subpresiune admisibilă dată h'_{max} şi 2) *determinarea subpresiunii* ce corespunde unei conducte date prin parametrul ϑ^0. Bineînţeles că pentru h'_{max} nu este bine să se adopte valoarea de 10 ,m, fiind nevoie de o anumită rezervă care să ţină seama şi de natura pulsatorie a subpresiunii şi de eroarea posibilă în urma efectului de scară.

Independent de calea arătată mai sus, şi pentru control am mai propus un mod de calcul orientativ, pornind şi de la rezultatele încercărilor făcute de Kalinske şi Robertson. Aceştia au studiat efectul antrenării aerului de către un salt hidraulic într-o conductă închisă. Condiţiile încercărilor difereau destul de mult de ale noastre întrucît în experienţele lui Kalinske axate pe studiul conductelor de alimentare cu apă, saltul era format datorită unor pungi de aer în care se pompa un debit de aer egal cu cel pe care putea să-l antreneze saltul de la capătul pungii. Cu toate acestea în aval de vana golirii de fund se formează de asemenea un salt hidraulic cîteodată înecat care trebuie de asemenea să antreneze aerul rarefiat care vine pe conducta de aerare. Kalinske şi Robertson au găsit că punctele experimentale obţinute se aşază după o dreaptă într-un sistem de coordonate logaritmice avînd în abscisă $Fr-1$ unde Fr este numărul

Froude corespunzător scurgerii torențiale și în ordonată raportul debitelor de aer și apă $\frac{q}{Q}$. Așezînd toate punctele noastre experimentale într-un sistem analog, unde Fr a fost calculat corespunzător vînei contractate de la ieșirea din vană s-a observat că între toate valorile obținute

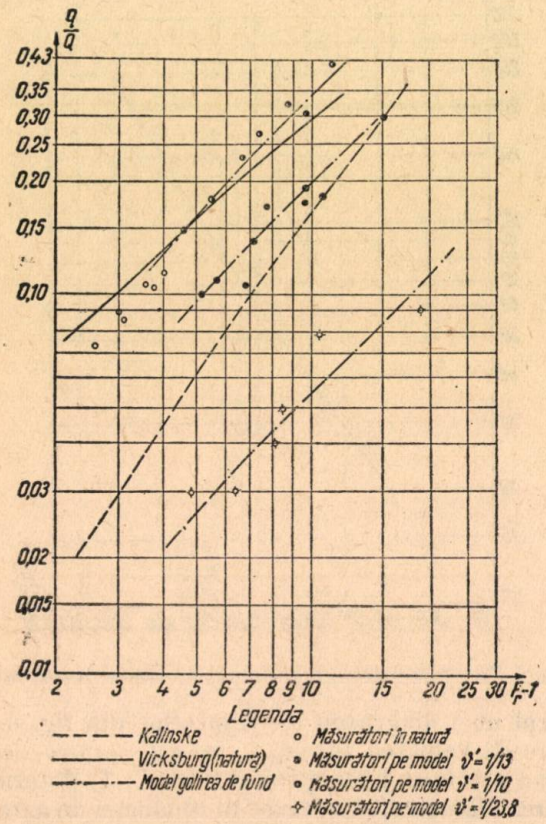


Fig. 8. Al doilea mod de reprezentare al funcțiunii de antrenare.

nu s-a putut stabili o corelație asemănătoare cu cea dată de Kalinske. Pentru aceeași conductă de aerare ϑ' : punctele se grupează în jurul unei drepte diferite de cea a lui Kalinske care variază cu ϑ'. In diagrama din fig. 8 se dau dreptele corespunzătoare celor 3 conducte de aerare studiate în comparație cu relația lui Kalinske. Se observă că pentru același număr $Fr - 1$, raportul $\frac{q}{Q}$ crește cu conducta de aerare.

Raportul $\frac{q}{Q}$ corespunzător poziției critice va crește deci cu conducta de aerare și cu numărul Froude, care depinde de poziție și cădere. Dimensiunea exactă pe baza unei relații între $\frac{q}{Q} Fr$ și nu este indicată datorită dificultății de a defini și determina valoarea Fr. Raportul $\frac{q}{Q}$ va avea totuși o limită superioară întrucît nu se poate admite ca la un moment dat volumul ocupat de aer în amestecul care se scurge în conducte să fie mult mai mare decît volumul de apă.

Această limită va fi dată în sistemul de coordonate din fig. 8 de o dreaptă paralelă cu cele 3 obținute de noi. Presupunînd că se admite o valoare h_{max} pentru subpresiunea din aval de vană se poate calcula debitul de apă corespunzător poziției critice $Q = \mu\ \varepsilon_{critic}\ F_0 \sqrt{2g(H + h)}$ unde μ este coeficientul de debit, care conform măsurătorilor făcute de autor nu variază prea mult cu forma vanei. Pe baza valorii limită admise $\left(\frac{q}{Q}\right)_{max}$ se deduce debitul maxim de aer $q = \left(\frac{q}{Q}\right)_{max} Q$. Avînd debitul de aer și subpresiunea se poate calcula cu ușurință diametrul conductei de aerare. Aproximația constă în admiterea unei limite superioare.

Așa cum am arătat la începutul comunicării, ulterior terminării lucrării noastre, s-a prezentat la ultimul congres I A H R de către Campbel și Guyton de la laboratorul Vicksburg un studiu asupra antrenării aerului în golirile de fund în timpul manipulării vanelor. Problema a fost atacată pe baza unor măsurători în natură și unor ipoteze de calcul făcute de G. Keulegan. Este regretabil ca cele cîteva rezultate de măsurători date de cei 2 autori nu pot fi comparate cu rezultatele noastre experimentale, întrucît în referatul citat nu sînt indicate o serie de elemente importante cum ar fi diametrul conductelor de aerare și căderile. De asemeni diagramele variației debitului de aer măsurat cu poziția vanei nu sînt date sub forma unor relații între parametrii fără dimensiuni. Totuși prezintă interes compararea concluziilor acestui studiu cu rezultatele prezentate mai sus.

1. Nu s-a putut stabili pe cale teoretică o relație a antrenării aerului, recomandările făcute avînd un caracter empiric.

2. Diagramele experimentale obținute pentru variația debitului de aer în funcție de variația poziției vanei, existența unei zone la începutul închiderii în care subpresiunile cresc repede urmată de o altă zonă caracterizată prin oscilații de presiune. Intocmai ca și în experiențele noastre se constată o tendință de micșorare a lui ε_{cr} cu creșterea lui H' (dedus de noi prin calcul aproximativ). O deosebire constă în aceea că poziția critică este deplasată către valori ε mai mari. Diferența poate proveni din poziția conductei de aerare care pe modelul nostru era ceva prea departe de vană.

3. Campbel și Guyton au comparat ca și noi rezultatele lor cu cele obținute de Kalinske. Punctele lor nu s-au putut grupa în sistemul de axe de coordonate din fig. 8 în jurul unei singure drepte. Aceasta se explică pe baza experiențelor noastre atît din faptul că la barajele cercetate valorile ϑ' erau diferite cît și prin faptul că ei nu au eliminat măsurătorile pentru care $\varepsilon < \varepsilon_{cr}$.

In urma acestui fapt cei doi cercetători au recomandat dimensionarea pe baza dreptei trei din fig. 8 care dă rezultate acoperitoare față de cele mai defavorabile valori $\frac{q}{Q}$ găsite. Această dreaptă coincide însă destul de bine cu cea determinată de noi pe model pentru cea mai mare

conductă de aerare studiată. Cu alte cuvinte, s-a ajuns la o metodă orientativă analoagă cu propunerea făcută de noi pentru a doua cale mai aproximativă de dimensionare. Limitarea prin dreapta trei nu este însă după cîte am arătat mai sus acoperitoare, întrucît la valori ϑ' mai mari raportul $\frac{q}{Q}$ poate fi ceva mai defavorabil.

Se observă deci că în studiul lui Campbel şi Guyton s-a ajuns pe calea cu totul diferită a măsurătorilor în natură la unele rezultate mai puţin generale ca ale noastre. Ele confirmă totuşi concluziile stabilite de noi pe baza încercărilor pe model.

Concluzii

Intocmai ca şi alte probleme de antrenare a aerului problema dimensionării conductelor de aerare a fost atacată numai pe cale experimentală, o rezolvare teoretică fiind deocamdată greu de întrezărit. Rezultatele principale obţinute sînt următoarele :

1. Cu ajutorul unei aerări limitate economic la o valoare $\vartheta' = \frac{1}{13} - \frac{1}{10}$ se pot coborî pînă la valori neglijabile subpresiunile ce apar în regiunea prizei la căderi joase.

2. In timpul închiderii vanelor subpresiunile ating valoarea maximă pentru o poziţie critică care desparte două tipuri de scurgere calitativ diferite ale amestecului de aer şi apă. Această poziţie critică care este funcţie de cădere, reprezintă cazul cel mai defavorabil pentru dimensionarea conductelor de aerare.

3. Intre parametrii fără dimensiuni cuprinzînd factorii care influenţează fenomenul şi anume : căderea, capacitatea golirii, capacitatea conductei de aerisire, subpresiunea admisibilă şi poziţia vanei, se poate stabili o relaţie care permite verificarea şi dimensionarea conductei de aerare.

4. Conducta de aerare dimensionată după metoda de mai sus este satisfăcătoare şi pentru cazul antrenării aerului de către lama deversantă care se scurge peste secţiunea de ieşire a golirii cu vanele închise.

Pînă la completarea datelor experimentale studiul făcut poate servi atît direct pentru proiectarea unor instalaţii de aerare similare cît şi ca indicare a metodei pentru noi încercări. In afară de înlăturarea cavitaţiei, completarea materialului în această direcţie ar mai avea o aplicaţie care ar aduce multe economii şi anume posibilitatea de utilizarea fără pericol a vanelor obişnuite ca vane de reglarea debitului, în cazul unei aerări suficient de mari.

Bibliografie:

[1] *Campbell* şi *Gueyton.*: Air entrainement in gated outlets 1954.
[2] *Hickox G.* : Aeration of spillways, Proceedings ASCE., 1942.
[3] *Gubin* F. Gidravliceskie electrostanţii, Moscova, — 1949.
[4] *Kratochvil S.* : Kavitacni zjevy u vypustneho potrubi auzaveru prehradnich, (Strojnicky Obzor c. 7. a, 9/1937.
[5] *Kratochvil S.* : Hydraulicke vlastnosti valcoveho uzaveru Zpravy verejne sluzby technicke roc. XX.
[6] *Kratochvil S.* : Nove poznatky i meranie na dvoch betonovych prichradach, Technicky Sbornik, ru 1950
[7] *Liskovec. L.* : Studie vtoku tlakoveho vypustneho potrubi udelnich prehrad, (Prace a studie VUV c 78).
[8]. *Morozov A. A.* : Ispolzovanije vodnoj energiji, Leningrad, 1948.
[9] *Matochna B.* : Provozni uzavery zakladovych vypusti prehrad, (CKD Blansko,) 1952.
[10] *Novak P.* : Novejsi uzavery zakladovych vypusti prehrad v USA, Prace a studie VUV, 1948.
[11] *Novac. P.* : Kavitakni jovy u hydrotechnickych stavebi 1953 — Vodni hospodarstvi
[12] *Prişcu R.* : Instalaţii pentru distribuirea fluidelor, Bucureşti.
[13] *Symposium.* : Entrainement of Air Flowing Water, Proceedings ASCE. 1942.
[14] *Smetana. J.* : Podobnost hydrodynamikych jevu je-li vodni proud silne promisen vzduchem, Praha, 1939.
[15] *Wisner. P.* : Concepţii moderne asupra cavitaţiei în construcţii hidrotehnice, Hidrotehnica, Bucureşti, 1952.
[16] *Wisner. P.* : Contribuţie la dimensionarea conductelor de aerare la golirele de fund, Praga, 1953.
[17] *Wisner P.* : Dimensionarea instalaţiilor de aerare la stăvilare Hidrotehnica şi Energetica nr. 8, 1955.

★

К РАСЧЕТУ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВОЗДУХОВОДОВ ДОННЫХ ВОДОСПУСКОВ

Резюме

Представляются главные результаты полученные по лучаю лабораторного исследования действия вентиляционных воздуховодов донных водоспусков в различных условиях эксплуатации. Устанавливается самый неблагоприятный случай, для которого нужно расчитать вентиляционные воздуховоды, и на основании полученных результатов предлагаются два пути их расчета Полученные результаты сравниваются с результатами полученными самостоятельно на основании измерений произведенных в натуре.

Probleme ale galeriilor de aducţiune brute

Ing. A. FILOTTI

In articol se expune calculul diametrului economic al galeriilor brute în diferite ipoteze de proiectare. Se analizează probleme speciale de calcul hidraulic al acestor galerii.

1. Generalităţi

In cazul unor roci stabile şi etanşe, care nu se descompun la apă, se pot executa galerii de aducţiune necăptuşite. O soluţie de acest fel a fost adoptată încă din 1920 pentru galeria uzinei Svelgen (Norvegia) cu o presiune de 15,2 at, iar la uzina Salerno (Italia) cu 16,2 at.

Foarte adesea galeriile necăptuşite reprezintă o soluţie mai economică decît galeriile betonate, cu toate că pierderile de sarcină sînt mai mari. In afară de aceasta, suprimarea cămăşuelilor galeriilor permite executarea lucrării într-un timp mai scurt, astfel uzina putînd intra în funcţiune mai devreme.

Chiar în cazul în care soluţia galeriei căptuşite nu este un optim economic, ea poate fi totuşi adoptată datorită faptului că cere investiţii mai mici. In unele cazuri, galeriile brute pot constitui un optim economic absolut.

Calculul economic al galeriilor brute se face după aceleaşi principii ca cel al galeriilor betonate, adică se consideră minimul sumei dintre echivalentul în lei/an a pierderilor anuale de energie şi cota anuală datorită investiţiilor.

Dacă pentru galeriile de beton, atît formulele pentru pierderile de energie, cît şi volumele de lucrări sînt determinate, nu este cazul la galeriile necăptuşite. In cele de mai jos se vor analiza pierderile de energie şi volumele de lucrări ale acestor galerii.

In calculul diametrului economic al galeriilor brute se vor ivi două cazuri :

a) cazul proiectării iniţiale a galeriei necăptuşite pe baza datelor geologice iniţiale favorabile acestui caz ;

b) cazul proiectării galeriei necăptuşite după escavare, în urma constatării unei roce mai bune decît cea prevăzută iniţial.

2. Notaţii

A — cheltuieli anuale.
α' — cota anuală pentru amortizarea investiţiilor ;
α'' — cota anuală pentru reparaţii capitale ;
α — cota anuală pentru amortizarea investiţiilor şi reparaţii capitale ;
D_h — diametrul hidraulic al galeriei ;
D_i — diametrul interior al galeriei betonate ;
D_m — diametrul mediu real ;
D_t — diametrul teoretic ;
δ — grosimea teoretică a cămăşuelii de beton.
δ_1 — grosimea medie a supraprofilului escavaţiei ;
δ_2 — grosimea teoretică a stratului de reprofilat ;
δ_3 — grosimea medie a supraprofilului reprofilării.
e — pierderile anuale de energie ;
E — cheltuielile anuale datorite pierderilor de energie ;
ε — rugozitatea absolută ;
h — pierderea de sarcină ;
J_t — investiţia totală ;
J — investiţia parţială pentru anumită lucrare ;
η — randamentul total al amenajării ;
l — lungimea tronsonului de galerie ;
λ — coeficientul de rezistenţă ;
ν — viscozitatea cinematică ;
p_1 — preţul unitar al energiei ;
p_2 — preţul unitar al escavaţiei ;
p_3 — preţul unitar al betonării ;
p_4 — preţul unitar al reprofilării.
Re — numărul Reynolds.
S_e — suprafaţa escavaţiei ;
S_r — suprafaţa reprofilării ;
v — viteza medie a curentul ;
V — volumul de lucrări ;

In plus s-au adoptat următorii indici :

e — escavaţie ;
b — beton ;
c — cămăşuiala ;
r — reprofilarea ;
n — galeria necăptuşită.

3. Consideraţii asupra calculului hidraulic al galeriilor brute

Calculul hidraulic al galeriilor se face după formulele conductelor cu scurgeri turbulente. Pentru pierderile de sarcină se aplică formula cunoscută :

$$h = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \qquad (1)$$

Dintre toate mărimile ce apar în formula (1) singura care dă naştere la dificultăţi în determinare este λ. Din cercetările lui Karman, Prandtl şi Nikuradse, pentru scurgerile turbulente în conducte rezultă următoarele trei domenii :

I. Scurgerea turbulentă în conducte netede $3\,000 < \mathrm{Re} < \mathrm{Re}_{cr}$.

II. Trecerea de la turbulenţă în conducte netede la turbulenţa în conducte rugoase (domeniul prepatratic). $\mathrm{Re}_{cr} < \mathrm{Re} < \mathrm{Re}'_{cr}$.

III. Scurgerea turbulentă, conducte rugoase (domeniul patratic). $\mathrm{Re}'_{cr} > \mathrm{Re}$.

Pentru determinarea lui λ în domeniul I şi III au fost indicate o serie de formule de Karman, Nikuradse, Kolmogorov, Konakov, Adamov, Altşul şi alţii. Pentru domeniul de tranziţie s-au dat diagrame de Nikuradse Zegjda, Şevelev, Colebrook şi White. De delimitarea dintre zona prepatratică şi cea patratică s-au ocupat printre alţii Zegjda şi Moody.

Nu vom analiza aici fiecare din aceste formule. O parte dintre ele, ca de exemplu cele ale lui Şevelev au fost stabilite pentru conducte metalice şi recent pentru conducte de asbociment. Altele, ca de exemplu cele ale lui Zegjda au fost stabilite pentru canale cu liberă scurgere.

După o analiză a formulelor ne-am oprit la următoarele ca fiind cele mai potrivite :

— Pentru domeniul turbulenţei netede—formula lui Karman,

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log. \frac{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}}{2{,}51} \qquad (2)$$

— Pentru domeniul turbulenţei rugoase — formula lui Nikuradse :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log. \frac{3{,}7\,D}{\varepsilon} \qquad (3)$$

— Pentru domeniul de tranziție — formula lui Colebrook și White :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3{,}7\, D} + \frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} \right). \qquad (4)$$

— Pentru valoarea Re_{cr}' care delimitează domeniul de tranziție de domeniul turbulenței rugoase — formula lui Moody :

$$\mathrm{Re}_{cr} = \frac{200}{\sqrt{\lambda}} \frac{D}{\varepsilon}. \qquad (5)$$

Goncearov dă următoarele valori ale rugozității absolute pentru galeriile cu căptușeală de beton :

Tencuială de ciment în stare bună sclivisit . . . . . $\varepsilon = 0{,}0005 \ldots 0{,}001$ m.
Tencuială de ciment nesclivisit . . . . . $\varepsilon = 0{,}001 \ldots 0{,}002$ m.
Beton în stare bună . . . . $\varepsilon = 0{,}002 \ldots 0{,}005$ m.
Beton rugos . . . . . $\varepsilon = 0{,}005 \ldots 0{,}01$ m.

Dacă pentru galeriile cu cămășuială de beton ε este oarecum determinat, problema rugozității absolute a galeriilor brute este mult mai greu de rezolvat. Avînd în vedere suprafața foarte neregulată a pereților, se pune problema determinării diametrului care trebuie introdus în formulele (2)...(5). Avînd secțiunea transversală a galeriei escavate S_e, s-a admis ca diametru hidraulic, diametrul cercului cu aceeași suprafață adică :

$$D_h = 2 \sqrt{\frac{S_e}{\pi}}. \qquad (6)$$

Avînd în vedere anumite dificultăți care apar cînd se încearcă măsurarea pierderilor de sarcină ale unor galerii în curs de execuție la trecerea unui curent de apă, Remenieras și Bourguignon au determinat pierderile de sarcină ale galeriilor la trecerea unui curent de aer. Ei au transformat apoi rezultatele pentru a determina pierderile de sarcină la curentul de apă corespondent. Printre galeriile încercate în acest fel au fost cele la Villefranche — Saint Amans și Pareloup-Mas Rous ale uzinei Pouget, cea de la Rhue a uzinei Bort, canalul de fugă subteran al uzinei Peyrat — Le-Chateau și altele. Lungimile tronsoanelor încercate au variat între 120 m și 3 700 m iar diametrele hidraulice calculate cu formula (6) între 3,42 m și 5,54 m. Au rezultat valori λ, cuprinse între 0,0798 și 0,105 de unde am calculat valorile corespunzătoare ale rugozității absolute medii pe tronson ε cuprinse între 0,218 și 0,450 m.

Odată cunoscut λ se calculează h cu ajutorul formulei (1). Știind că în calculele economice nu se ține seama de debitul maxim ci de debitul ideal , definit prin relația :

$$Q_{id} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=0}^{n} Q_i^3 t_i}{8\,760}} \qquad (7)$$

unde : t_i este numărul de ore de funcționare a uzinei cu debitul Q_i în anul normal, rezultă imediat energia pierdută anual :

$$e = 8\,760 \cdot 9{,}81\, Q_{id}\, h \eta \ \text{kWh/an} \qquad (8)$$

Notînd cu p_1 prețul energiei, costul energiei pierdute anual pe tronsonul de lungimea l considerat va fi :

$$E = p_1\, e. \qquad (9)$$

4. Volumul de lucrări al galeriilor de aducțiune

Fie o galerie de aducțiune betonată cu diamersul interior D_i. In cazul galeriilor în rocă tare, care se compară din punct de vedere economic cu galeriile necăptușite, grosimea teoretică a cămășuelii de beton este $\delta = 15..25$ cm. Diametrul teoretic de escavație va fi deci :

$$D_{t \cdot e} = D_i + 2\delta. \qquad (10)$$

Din datele asupra galeriilor executate în R.P.R. în cadrul planului de electrificare s-a constatat că pentru respectarea diametrului teoretic de escavație, care reprezintă diametrul minim de escavație prescris, este necesară o coroană circulară reprezentînd supraprofilul cu o grosime medie $\delta_1 = 10 \ldots 40$ cm. Va exista deci relația :

$$D_{m \cdot e} = D_{t \cdot e} + 2\,\delta_1 = D_i + 2(\delta + \delta_1) \qquad (11)$$

Volumul de escavație pe un tronson de lungime l va fi :

$$V_e = \frac{\pi D_{m.e}^2}{4}\, l = \frac{\pi l}{4} [D_i + 2\,(\delta + \delta_1)]^2. \qquad (12)$$

Volumul de beton va reprezenta diferența dintre volumul de escavație și volumul apei din interior :

$$V_b = V_e - V_i = \frac{\pi l}{4} \left\{ \left[D_i + 2\,(\delta + \delta_1) \right]^2 - D_i^2 \right\} \qquad (13)$$

Dacă după escavație se cere alt diametru de escavație sînt necesare reprofilări. In cazul reprofilărilor, din aceleași date de mai sus rezultă că grosimea coroanei datorită supraprofilului este de 5...25 cm. Notînd cu δ_2 grosimea teoretică de reprofilare prescrisă peste diametrul mediu de escavație și cu δ_3 grosimea medie a supraprofilului, vom avea relațiile :

$$D_{t \cdot r} = D_{m \cdot e} + 2\delta_2 \qquad (14)$$

$$D_{m \cdot r} = D_{t \cdot r} + 2\delta_3 = D_{m \cdot e} + 2(\delta_2 + \delta_3). \qquad (15)$$

Volumul de reprofilări va fi deci :

$$V_r = \frac{\pi l}{4} (D_{m.r}^2 - D_{m.e}^2) \qquad (16)$$

Notînd cu p_2 prețul unitar al escavației, cu p_3 prețul unitar al betonul și cu p_4 prețul unitar al reprofilărilor, investiția necesară escavației, betonării și reprofilărilor va fi respectiv :

$$J_e = p_2\, V_e \qquad (17)$$

$$J_b = p_3\, V_b \qquad (18)$$

$$J_r = p_4\, V_r \qquad (19)$$

Dacă notăm cu α' cota anuală de amortizare a investițiilor și cu α'' cota anuală pentru reparațiile capitale, atunci cota totală pentru cheltuielile anuale indirecte este :

$$\alpha = \alpha' + \alpha''. \qquad (20)$$

Prof. Dorin Pavel indică următoarele valori pentru α și α'' :

$\alpha' = 2\%$
$\alpha'' = 0{,}5 \ldots 1{,}0\%$
$\alpha = 2{,}5 \ldots 3{,}0\%$

Cheltuielile anuale indirecte vor fi deci :[1])

$$A = \alpha J \tag{21}$$

5. Calculul economic al galeriilor proiectate inițial necăptușite

In cazul galeriilor proiectate inițial necăptușite se pune problema comparației economice dintre cele necăptușite și cele cu cămășuiala de beton, pe metru liniar de galerie.

Pentru galeriile necăptușite se calculează cheltuielile indirecte pentru diferite diametre

$$A_n = \alpha p_2 V_e = \alpha p_2 \frac{\pi D_{m.e}^2}{4} \tag{22}$$

și cele datorite pierderilor de sarcină :

$$E_n = p_1 e_n = 7\,050 \frac{Q^3 \lambda_n}{D_{me}^5} \eta p_1 \tag{23}$$

Același lucru se calculează și pentru galeriile căptușite : cheltuielile anuale indirecte :

$$A_c = \alpha[p_2 V_e + p_3 V_b] = \alpha p_2 \frac{\pi}{4} [D_i + 2(\delta +$$

$$+ \delta_1)]^2 + \alpha p_3 \frac{\pi}{4} \left\{\left[D_i + 2(\delta + \delta_1)\right]^2 - D_i^2\right\} \tag{24}$$

și cele datorite pierderilor de sarcină :

$$E_c = p_1 e_c = 7\,050 \frac{Q^3 \lambda_c}{D_i^5} \eta p_1 \tag{25}$$

Suma acestor cheltuieli pentru galeriile necăptușite și cele căptușite va fi respectiv :

$$S_n = A_n + E_n = \alpha p_2 \frac{\pi D_{m.e}^2}{4} + 7\,050 \frac{Q^3 \lambda_n}{D_{m.e}^5} \eta p_1 \tag{26}$$

$$S_c = A_c + E_c = \alpha p_2 \frac{\pi}{4} [D_i + 2(\delta + \delta_1)^2 +$$

$$+ \alpha p_3 \frac{\pi}{4} \{[D_i + 2(\delta + \delta_1)]^2 - D_i^2\} +$$

$$+ 7\,050 \frac{Q^3 \lambda_c}{D_i^5} \eta p_1. \tag{27}$$

Cheltuelile minime vor avea loc pentru diametrul care satisface ecuația :

$$\frac{dS}{dD} = 0 ; \tag{28}$$

rezultă pentru galeriile necăptușite și cele căptușite respectiv :

$$\frac{dS_n}{dD} = \frac{\pi D_{me}}{2} \alpha p_2 + 7\,050 \frac{Q^3}{D_{me}^5} \eta p_1 \frac{d\lambda_n}{dD} -$$

$$- 35\,250 \frac{Q^3 \lambda_n}{D_{me}^6} \eta p_1 = 0 \tag{29}$$

$$\frac{dS_c}{dD} = \frac{\pi}{2} [D_i + 2(\delta + \delta_1)] \alpha p_2 + (\delta + \delta_1) \pi \alpha p_3 +$$

$$+ 7\,050 \frac{Q^3}{D_i^5} \eta p_1 \frac{d\lambda_c}{dD} - 35\,250 \frac{Q^3 \lambda_c}{D_i^6} \eta p_1 = 0 \tag{30}$$

[1]) In cele de mai jos s-a considerat neglijabilă cheltuiala datorită injecțiilor și torcretului. Dacă se ține seama și de aceste cheltuieli, se pot introduce în J factorii suplimentari indicați de ing. *A.* Teodorescu [10].

Soluția economică este cea pentru care S_{min} reprezintă un minim minimorum.

6. Calculul economic al galeriilor proiectate necăptușite după escavație

Să admitem că o galerie a fost proiectată inițial cu cămășuială de beton avînd diametrul interior D_i determinat prin calculul diametrului economic. După escavarea galeriei la diametrul $D_{m.e}$ se pune problema lăsării galeriei necăptușite.

Din punct de vedere economic se pot adopta trei soluții :

— Lăsarea galeriei brute
— Betonarea galeriei,
— Reprofilarea galeriei,

Costul volumului de lucrări ale primelor două soluții a fost analizat în paragraful precedent,

Pentru galeriile reprofilate cheltuielile anuale indirecte sînt ;

$$A_r = \alpha(p_2 V_e + p_4 V_r) = \alpha p_2 \frac{\pi}{4} [D_{m\ r} - 2(\delta_2 +$$

$$+ \delta)]^2 + \alpha p_4 \frac{\pi}{4} \cdot \{D_{m,r}^2 - [D_{m\cdot r} - 2(\delta_2 + \delta_3)]^2\} \tag{31}$$

și cele datorite pierderilor de sarcină :

$$E_r = p_1 e_r = 7\,050 \frac{Q^3 \lambda_n}{D_{m,r}^5} \eta p_1 \tag{32}$$

Suma acestor cheltuieli pentru galeriile reprofilate va fi :

$$S_r = A_r + E_r = \alpha p_2 \frac{\pi}{4} [D_{m\cdot r} - 2(\delta_2 + \delta_3)]^2 +$$

$$+ \alpha p_4 \frac{\pi}{4} \{D_{m,r}^2 - [D_{m\cdot r} - 2(\delta_2 + \delta_3)]^2\} +$$

$$+ 7\,050 \frac{Q^3 \lambda_r}{D_{m,r}^5} \eta p_1. \tag{33}$$

Soluția economică este dată prin rezolvarea ecuației :

$$\frac{dS_r}{dD} = \alpha p_2 \frac{\pi}{2} [D_{mr} - 2(\delta_2 + \delta_3)] + \alpha p_4 \pi (\delta_2 + \delta_3) +$$

$$+ 7\,050 \frac{Q^3}{D_{mr}^5} \eta p_1 \frac{d\lambda_r}{dD} - 35\,250 \frac{Q^3 \lambda_r}{D_{mr}^5} \eta p_1 = 0 \tag{34}$$

Soluția optimă economică este ca și în cazul precedent cea pentru care S_{min} reprezintă un minim minimorum.

7. Alte probleme ale galeriilor necăptușite

In cazul galeriilor brute supuse la presiune mică, în momentul în care panta galeriei este mică, trebuie varificat dacă datorită faptului că panta liniei energetice este mai mare decît cea a galeriei, nu apar într-un punct al galeriei subpresiuni periculoase. In acest caz, calculul galeriei se face pe întreaga sa lungime și se recomandă să nu se ia în calcul valorile medii ci cele maxime ale rugozității absolute. Verificarea se face de obicei pentru nivelul minim minimorum în lac și pentru canale de fugă sub presiune ale uzinelor subterane pentru nivelele minime în aval.

Calculul economic al galeriei necăptușite

Tabela 1

$D_{t.e.}$ (m)	$D_{m.e.}$ (m)	$\frac{D_{m.e.}}{\varepsilon}$ (—)	λ (—)	v (m/s)	h_r (m)	e (kWh/an)	E (lei/an)	V_e (m³)	A (lei/an)	S (lei/an	Re (—)	Re_{cr} (—)
2,90	3,25	10,83	0,0974	1,81	0,00500	5150	206,00	8,30	83.00	289,00	4.500.000	22.200
3,15	3,50	11,67	0,0936	1,56	0,00322	3420	137,00	9,62	96,00	233,20	4.170.000	24.900
3,40	3,75	12,50	0,0903	1,36	0,00227	2340	93,50	11,04	110 40	203,90	3.890.000	27.800
3,65	4,00	13,33	0,0873	1,19	0,00157	1620	65,00	12,57	125,70	190,70	3.620.000	30.600
3,90	4,25	14,17	0,0845	1,06	0,00114	1175	47,00	14,18	141,80	188,80	3.440.000	33.600
4,15	4,50	15,00	0,0822	0,94	0,00082	846	33,80	15,90	159,00	192,80	3.220.000	36.600
4,40	4,75	15,83	0,0801	0,84	0,00061	630	25,20	17,72	177,20	202,40	3.040.000	39,600
4,65	5,00	16,66	0,0781	0,76	0,00046	474	18,96	19,63	196,30	215,26	2.900.000	42.700

Tabela 2

Calculul economic al galeriei căptușite

D_i (m)	D_m (m)	$\frac{D_i}{\varepsilon}$ (—)	λ*) (—)	v (m/s)	h_r (m)	e (kWh/an)	E (lei/an)	V_e (cm³)	V_b (m³)	A (lei/an)	S (lei/an)	Re (—)	Re_{cr} (—)
2,00	2,75	2000	0,016701 / —	4,78	0,00955	9840	393,60	5,94	2,80	143,40	537,00	7.450.000	3.100.000
2,25	3,00	2250	0,016269 / —	3,77	0,00540	5560	222,40	7,07	3,09	163,40	385,80	6.500.000	3.525.000
2,50	3,25	2500	0,015893 / —	3,06	0,00304	3130	125,20	8,30	3,39	184,70	309,90	5.850.000	3.960.000
2,75	3,50	2750	0,015567 / —	2,52	0,00184	1895	76,80	9,62	3,68	206,60	282,40	5.310.000	4.410.000
3,00	3,75	3000	0,015277 / —	2,15	0,00120	1235	49,40	11,04	3,97	229,50	278,90	4.850.000	4.850.000
3,25	4,00	3250	0,015017 / 0,015186	1,81	0,00078	804	32,16	12,57	4,27	253,80	285,96	4.500.000	5.310.000
3,50	4,25	3500	0,014784 / 0,014976	1,56	0,00053	545	21,80	14,18	4,56	278,60	300,40	4.170.000	5.760.000
3,75	4,50	5720	0,014653 / 0,014581	1,36	0,00037	380	15,20	15,90	4,85	304,80	320,00	3.890.000	6.200.000
4,00	4,75	4000	0,014376 / 0,014468	1,19	0,00028	288	11,52	17,72	5,15	331,70	343,22	3.630.000	6.660.000
4,25	5,00	4250	0,014197 / 0,014468	1,06	0,000195	201	8,04	19,63	5,44	359,50	367,54	3.440.000	7.110.000

*) Valorile de la numărător sînt calculate cu formula lui Nikuradse pentru regimul turbulent rugos. La diametrele $D_i > 3{,}00$, rezultînd $Re < Re_{cr}$ s-au calculat valorile λ de la numitor cu formula lui Calebrook și White. Valoarea Re_{cr} a fost calculată cu formula Moody.

Tabela 3

Calculul economic al galeriei reprofilate

$D_{t.r.}$ (m)	$D_{m.r.}$ (m)	$\frac{D_{m.r.}}{\varepsilon}$ (—)	λ (—)	v (m/s)	h_r (m)	e (kWh/an)	E (lei/an)	V_e (m³)	V_r (m³)	A (lei/an)	S (lei/an)	Re (—)	Re_{cr} (—)
3,55	3,75	25,00	0,064733	1,36	0,001630	1680,0	57,20	11,04	0,40	117,90	185,10	3.890.000	77.000
3,80	4,00	26,67	0,062885	1,19	0,001135	1170,0	46,80	11,04	1,53	133,35	180,15	3.620.000	85.000
4,05	4,25	28,33	0,061215	1,06	0,000827	853,0	34,12	11,04	3,15	156,50	191,62	3.440.000	92.500
4,30	4,50	30,00	0,059762	0,94	0,000598	616,0	24,49	11,04	4,85	183,00	207,64	3.220.000	100.500
4,55	4,74	31,67	0,058408	0,84	0,000444	456,0	18,24	11,04	6,68	210,40	228,64	2.040.000	108.500
4,80	5,00	33,33	0,057135	0,76	0,000334	344,0	13,76	11,04	8,60	229,40	243,16	2.900.000	116.500
5,05	5,25	35,00	0,056013	0,69	0,000258	266,0	10,64	11,04	10,61	259,40	280,04	2.760.000	125.000

O altă problemă care se poate ivi la canalele de fugă este dacă la cotele maxime de restituire galeria poate duce întreg debitul instalat fără să se inunde sala mașinilor.

In unele galerii s-a adoptat numai o căptușire parțială. Se poate pune întrebarea dacă nu este mai economică o soluție de acest gen. Pentru un canal cu diferite rugozități pe perimetru A. Einstein a dedus pe cale teoretică formula :

$$\lambda_m = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \frac{\Delta p_i}{p} \qquad (29)$$

unde :

λ_m este coeficientul de rugozitate mediu ;
p — perimetrul total ;
λ_i — coeficientul de rugozitate al porțiunii de perimetru de lungime Δp_i.

Măsurătorile practice executate au dat valori al lui λ cu 9% mai mici decît rezultatele formulei lui A. Einstein. Deși în prezent este utilizată această formulă, ea rămîne de verificat practic, putînd suferi diferite modificări datorite viitoarelor experiențe. Dacă este necesară reducerea rugozității pe o parte din perimetru din diferitele motive expuse mai sus, pot fi analizate și soluții cum ar fi căptușirea radierului cu un fel de macadam din steril, fixat cu mortar sau un produs bituminos și bine drenat pentru a-l proteja contra subpresiunilor care ar apare în momentul golirii galeriei.

8. Exemplul de calcul

Pentru o galerie se dau următoarele date : $Q_{id} = 15$ m³/s ; $p_1 = 0{,}04$ lei/kWh ; $p_2 = 350$ lei/m³ ; $p_3 = 1\,070$ lei/m² ; $p_4 = 535$ lei/m² ; $\alpha = 0{,}028$; $\delta_1 = 0{,}175$ m ; $\delta_2 =$ — ; $\delta_3 = 0{,}10$ m, $\delta = 0{,}20$ m ; $e_c = 0{,}001$ m ; $e_n = 0{,}3$ m ; $e_r = 0{,}150$ m ;

Calculele pentru galeria necăptușită și căptușită în ipoteza proiectării inițiale sînt redate respectiv în tabela 1 și 2. Rezultatele sînt diagramate în fig. 1. Rezultă din fig. 1 pentru galeria necăptușită diametrul $D_{t\cdot e} = 3{,}90$ m și $S = 188{,}80$ lei/an iar pentru galeria căptușită $D_i = 3{,}00$ m și $S = 278{,}90$ lei/an. Galeria necăptușită este deci mai economică decît cea căptușită.

In ipoteza proiectării inițial a galeriei căptușite și considerarea după escavație a lăsării necăptușite a galeriei, calculul galeriei reprofilate este redat în tabela 3, avînd în vedere că diametrul de escavație este cel economic pentru galerii betonate, $D_{te} = 3{,}40$ m. Pentru galeria reprofilată rezultă $D_{tr} = 3{,}80$ m și $S = 180{,}15$

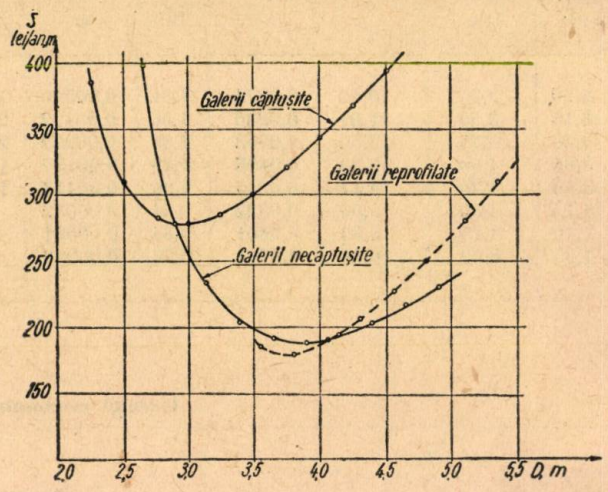


Fig. 1

lei/an m, pentru cea betonată $D_i = 3{,}00$ m și $A = 278{,}90$ lei/an, m, iar pentru cea escavată, $D_{te} = 3{,}40$ m și $S = 203{,}90$ lei/an m. Rezultatele au fost diagramate punctat în fig. 1. Soluția economică este cea a galeriei reprofilate.

Bibliografie :

Talobre Joseph. : L'état actuel de la technique des conduites forcées souterraines. La Houille Blanche nr. B—1952.

Șevelev F. A. : Issledovanie osnovîh ghidravliceskih zakonomernostei turbulenogo dvijeniia v trubah. Gosudarstvennoe izdatelstvo literaturî po stroitelstvu i arhitekture Moscva — 1953.

Kiselev P. G. : Spravocinik po ghidravliceskin rascetam- Gosudarstvennoe energheticeskoe izdatelsvo — Moscva Leningrad 1950.

Remenieras G. și *Bourguigion P.* : Prédetermination des pertes de charge d'une canalisation d'eau par circulation d'air — Le Génie Civil nr. 6—7—8—9/1953.

Vibert A. : L'écoulement des fluides en régime turbulent. La formule de Colebrook. Le Génie Civil nr. 24/1947.

Dorin Pavel prof. dr. ing. : Căderi de apă și mașini hidraulice ediția II-Tipografia Geniului, Bucuresti 1944.

Dorin Pavel prof. dr. ing. : Hidroenergetica generală Edit. Tehnică 1951.

Idelcic I. E. : Ghidravliceskie soprotivlenia — Gosudarstvenoe energeticeskoe izdatelstvo, Moscva Leningrad 1954.

Moody. : Friction factors for pipe flow — Transaction of the A.S.M.E. 1944.

Teodorescu A. ing. : Calculul diametrului economic al galeriilor de aducțiune sub presiune escavate în roci dure. Hidrotehnica nr. 1/1953.

★

ВОПРОСЫ НЕОТДЕЛАННЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ ГАЛЛЕРЕЙ

Резюме

В статье изложен расчет экономического диаметра неотделанных галлерей при различных условиях проекта. Анализируются специальные вопросы гидравлического расчета этих галлерей.

Manevrele greșite cu separatoare în instalațiile electrice

I. ADĂMUȚ

Una din cauzele care conduc la producerea întreruperilor în furnizarea energiei electrice la consumatori este și executarea manevrelor greșite în instalațiile electrice.

Manevrele greșite tip cele mai frecvente sînt :

a) Inchiderea și deschiderea separatoarelor în sarcină ; a întrerupătoarelor pe instalații defecte ; cînd puterea lor de rupere este mai mică decît puterea de scurtcircuit în punctul unde se află întrerupătorul ; a întrerupătoarelor în rețele fără a exista corespondență de faze între instalațiile ce se cuplează.

b) Supraîncălzirea instalației lăsate în funcțiune și declanșarea ei.

c) Conetarea unui generator la bare fără a fi în sincronism precis.

Cauzele principale care conduc la efectuarea manevrelor greșite sînt :

a) necorespondența schemelor operative din camerile de comandă cu situația aparatelor de comutare din stații ;

b) necorespondența între planurile rețelei cu situația reală de pe teren ;

c) lipsa de cunoaștere a instalației unde se execută manevra precum și a regulilor manevrelor ;

d) nepregătirea manevrei ;

e) nerespectarea foii de manevră ;

f) executarea necoordonată a mai multor manevre în același timp ;

g) funcționarea incorectă a dispozitivelor de comandă și blocaj.

Posibilitățile de înlăturare a manevrelor greșite, rezultă din analiza cauzelor enunțate și nu mai insistăm asupra lor.

In prezentul articol ne vom ocupa de „Manevre greșite, cu separatoare".

Separatoarele sînt aparate de comutare cu ajutorul cărora se poate întrerupe numai tensiunea nu și curentul de sarcină și care izolează în mod vizibil instalațiile la care se lucrează față de cele de funcție.

Cînd din greșeală s-ar deschide un separator prin care circulă un curent important se formează un arc electric de mare lungime pe fiecare fază, provocînd în mod obișnuit scurtcircuit între faze.

Acest accident se evită prin faptul că separatoarele din stații și centrale sînt montate împreună cu un întrerupător care are rolul de a închide și deschide circuitele sub sarcină și la scurtcircuite (fig. 1).

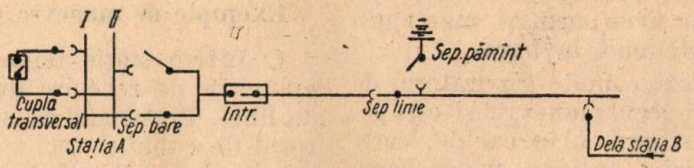


Fig. 1

Separatoarele se montează fără întrerupătoare pe transformatoarele de control al izolației în stații și încă la o altă serie de conexiuni care se pot întrerupe și prin separatoare conform § 1116 din „Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice".

In rețelele de cabluri, distribuitoarele sînt conectate de obicei la barele posturilor de transformare numai prin separatoare deoarece au lungimi și secțiuni mici (fig. 2).

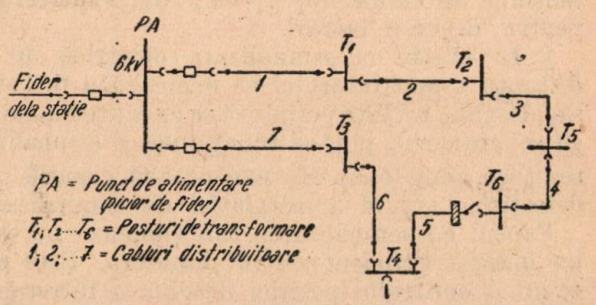


Fig. 2

Regulile de manevrare a separatoarelor. Pentru manevrarea separatoarelor fără accident se pot indica următoarele reguli :

A. *Ordinea manevrării* :

a) Se poate manevra separatorul de bară al unei conexiuni, numai dacă întrerupătorul și celălalt separator (la sistem dublu de bare) sînt deschiși (fig. 1)

Ca un corolar rezultă că : înainte de a menevra un separator trebuie controlată vizual *poziția deschis* a întrerupătorului, după indicatorul său mecanic.

b) Intr-o stație cu sistem dublu de bare se pot manevra separatoarele de bară ale unei conexiuni

cu întrerupătorul deschis, numai dacă întrerupătorul cuplă cu cei doi separatori de bară ai cuplei sînt închişi (fig. 1).

c) Cînd întrerupătorul unei conexiuni este închis, se poate manevra (închide sau deschide) al doilea separator de bară, numai dacă celălalt separator de bară al conexiunii respective, separatorii de bară ai cuplei şi întrerupătorul cuplei traversele sînt închişi (fig. 1).

d) La deconectarea unei linii sau a unui cablu, după deschiderea întrerupătorului, se deschide separatorul de linie sau cablu şi apoi separatorul de bare. La conectarea unei linii se procedează invers.

Această măsură are ca scop evitarea unui scurtcircuit la bare, în caz că întrerupătorul ar fi în poziţia închis, din diverse cauze. Scurtcircuitul, care s-ar produce totuşi la separatorul de cablu sau linie, poate fi întrerupt de protecţia întrerupătorului şi ar avea urmări mai puţin grave, decît un scurtcircuit la bare.

Observaţia 1. In staţiile unde separatorul de cablu este aproape de locul manevrei şi este pericol să accidenteze manevratul în caz de scurtcircuit, se poate schimba ordinea, cu aprobarea oficială a inginerului şef.

e) In reţelele aeriene sau cablate, nu este permis să se deschidă un separator la capătul unui cablu distribuitor (T_6—T_5), înainte de a se închide un alt separator la capătul distribuitorului care va continua alimentarea consumatorilor pe altă cale. Mai concis : se poate deschide numai un separator aflat în buclă, sau care întrerupe un cablu deschis deja la celălalt capăt (T_4—T_6) (fig. 2).

Se poate închide un separator care întregeşte o buclă (T_6—T_4) sau prin care este pus sub tensiune un cablu bun T_4—T_6 (fig. 2) întrerupt pentru diverse lucrări.

f) In staţii cu semnalizare electrică de la distanţă a separatorului ce urmează a fi închis sau deschis, nu este permis să se execute manevra cu separatorul, pînă ce funcţionează semnalizarea (bec, gong etc.). Se exceptează cazurile de defecţiune sigură a instalaţiei de semnalizare.

Faptul că semnalizarea funcţionează nu este un indiciu suficient pentru manevră. Este necesar şi controlul poziţiei deschis a întrerupătorului.

g) In staţiile cu comanda de la distanţă a separatoarelor, este obligatoriu controlul la faţa locului în timpul executării comenzii date din camera de comandă.

Tehnica manevrării separatoarelor :

a) Deschiderea separatorului se execută încet, cu smucituri uşoare, observîndu-se în permanenţă cuţitele mobile. In caz că se observă un început de arc roşiatic, între cuţitele mobile şi cele fixe, înainte de a se depărta unul de celălalt, se închide imediat separatorul şi se controlează din nou schema şi foaia de manevră pentru a se vedea unde s-a strecurat greşala în executarea manevrei.

Cînd arcul observat este mic şi alb, înseamnă că este numai încărcarea capacitivă a barelor etc. şi se poate deschide separatorul.

b) Inchiderea separatorului se execută repede şi sigur nu însă cu bruschete pentru a se evita spargerea izolatoarelor.

In caz că în momentul apropierii cuţitelor mobile de cele fixe se observă un început de arc electric, se continuă totuşi închiderea separatorului pînă la capăt, urmînd a se stabili care este cauza, sarcina normală sau vreun scurtcircuitor, (garnitura mobilă de punere la pămînt) uitată în instalaţia conectată.

C. Blocajul separatorului cu întrerupătorul nu este decît un mijloc suplimentar de asigurare a executării manevrei fără greşeli. El nu exclude însă celelalte măsuri indicate la punctele A şi B, care rămîn şi în acest caz obligatorii.

Exemple de manevre gresite cu separatoarele

1. Intr-o staţie raională trebuie să se facă manevra de revenire după revizia unei celule de linie. Personalul de serviciu a închis separatorul de cablu şi apoi s-a dus să-l închidă şi pe cel de bare. N-a observat însă că întrerupătorul este închis. In momentul cînd s-au apropiat cuţitele mobile de contactele fixe s-a ivit un arc, provocat de sarcina liniei. Manevrantul s-a intimidat, nu a respectat regulile arătate la A d şi B c şi a tras de separator înapoi, provocînd un scurtcircuit la bare.

2. In aceeaşi situaţie un alt manevrant a procedat bine continuînd executarea operaţiei de închidere pînă la capăt.

Consecinţa : întreaga staţie a fost scoasă din circuit pentru cîteva minute, pînă cînd s-a separat conexiunea defectă repunîndu-se imediat în funcţiune.

3. Intr-un sector de reţea, o ramură dintr-un punct de alimentare PA_2, a declanşat din cauze necunoscute. Tehnicianul care a plecat să restabilească situaţia a verificat un cablu, cu inductorul încercînd să-l alimenteze din ramura vecină care era în funcţiune (PA_1 *II*).

A verificat cu inductorul cablul *1—2*, găsindu-l bun. Bine înţeles a executat această ope-

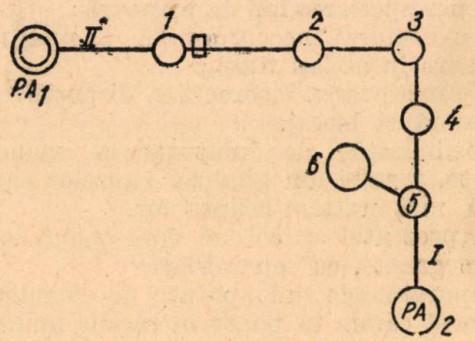


Fig. 3

raţie după ce s-au deschis separatoarele cablului în postul *2*.

S-a pus sub tensiune din postul *I*.

Sosit în postul *2*, n-a deschis separatoarele cablului *2—3*, ci a închis direct cablul *1—2*, prin separatoare. Avînd sarcina întregii remuri *I*, s-a produs un început de arc şi manevrantul a procedat greşit, trăgînd separatorul înapoi.

Arcul format a dat naştere unui scurtcircuit între faze deteriorînd separatorul şi declanşînd şi ramura PA_1 *II*.

4. Intr-o centrală electrică trebuia să se revizuiască celula conexiunii *a* din serviciile interne (fig. 4).

Reglajul automatului *b* era la 200 A şi 1,5 s în timp ce al automatului *a* la 300 A şi 1,5 s. S-a

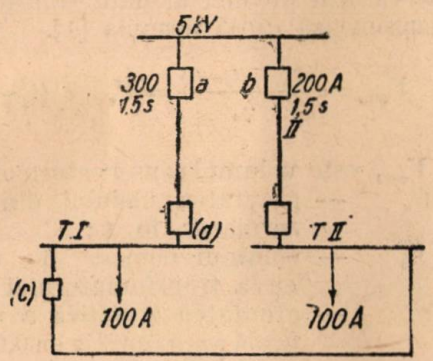


Fig. 4

închis întrerupătorul neautomat *c* punîndu-se în paralel T_I şi T_{II}. In momentul cînd s-a deschis întrerupătorul neautomat *d*, sarcina însumată a celor două tablouri a atins valoarea reglajului automatului *b* şi a declanşat din cauza de suprasarcină la 1,5 s lăsînd fără alimentare serviciile interne ale centralei.

5. Intr-o altă centrală electrică a declanşat un regenerator din cauza unei avarii la partea mecanică. La repunerea în funcţiune imediat după înlăturarea defecţiunii întrerupătorul generatorului acţionat cu motor electric de curent continuu nu a prins la primul impuls de comandă dat în momentul apropierii acului sincroscopului de poziţia zero. Manevrantul fiind încă cu mîna pe cheia de comandă a întrerupătorului, s-a efectuat din nou închiderea într-un moment de opoziţie de fază, avînd ca efect deformarea capetelor frontale ale bobinelor statorului.

6. Intr-un post de transformare s-a executat o cutie terminală pe un distribuitor. Considerîndu-se că monteurul este un om atent şi că a legat fazele la întrerupător în ordinea iniţială s-a închis întrerupătorul fără a se mai verifica corespondenţa fazelor. Consecinţa a fost explosia întrerupătorului şi accidentarea manevranţilor.

7. Intr-o staţie de 110 kV trebuia să se treacă o conexiune de pe un sistem de bare pe cel de rezervă. S-a închis separatorul transformatorului ce alimenta barele, s-a închis separatorul *II* al liniei respective şi s-a trecut la deschiderea separatorului de pe sistemul de bare *1*. La deschidere s-a format un arc de scoatere sub sarcină a unui separator. Cauza a constat în faptul că pe cuţitele mobile ale separatorului 2 se formase un strat subţire de ghiaţă care a împiedicat trecerea curentului în momentul deschiderii separatorului *1*.

Din exemplele arătate mai sus, ca şi din alte cazuri similare, se vede cît de important este ca personalul de manevră să cunoască temeinic modul de executare a manevrelor cu separatoarele.

Conducerile tehnice ale întreprinderilor de electricitate le revine sarcina de a lua cele mai bune măsuri pentru a asigura personalului de manevră cunoştinţele necesare şi în acest domeniu, pentruca astfel să poată face faţă cu succes oricăror cazuri care se ivesc în exploatare.

Gradarea indicatoarelor nivelului de ulei

Ing. L. VEISMAN

Exploatarea în bune condiții a unui transformator poate fi asigurată, numai dacă în conservatorul acestuia există în permanență ulei, atît atunci cînd sarcina variază de la zero la nominal, cît și la variații ale temperaturii mediului ambiant între — 35°C și + 35°C. In scopul unui mai bun control al respectării acestei condiții, Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice, impun (paragraful

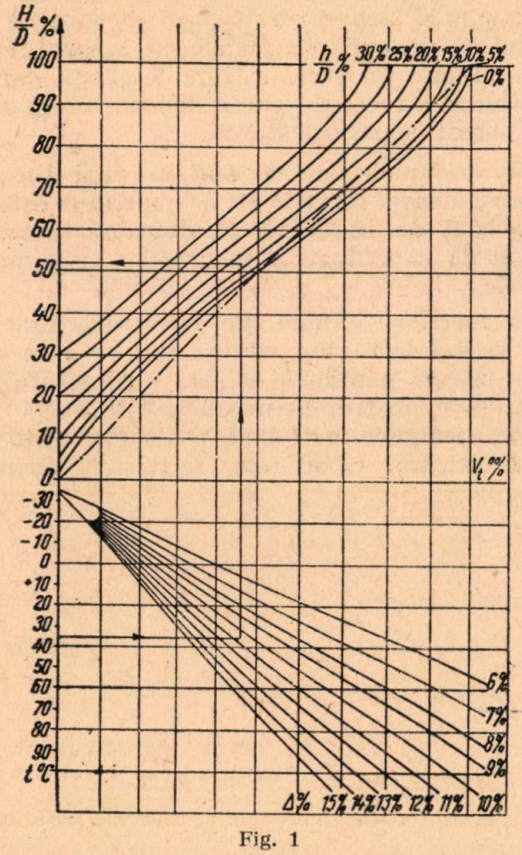


Fig. 1

759) ca pe indicatoarele de nivel ale transformatoarelor să fie trasate 3 linii de control, corespunzătoare unor temperaturi ale uleiului de — 30°C; + 35°C; + 75°C.

Deoarece în practică se întîlnesc numeroase transformatoare care nu au trasate linii de control sau le au pentru alte temperaturi, se dă (fig. 1) o nomogramă pe baza căreia gradarea indicatoarelor de nivel se poate face cu multă ușurință.

Pentru construirea ei se folosesc relațiile de mai jos.

Conservatorul de ulei al unui transformator se dimensionează după formula [1].

$$V_{cons} = \frac{G_u \cdot v(t_2 - t_1)}{\gamma_u} = V_c \cdot v\ (t_2 - t_1)$$

unde:

V_{cons} este volumul conservatorului, în m³;
G_u — greutatea uleiului din transformator, în t;
V_c — volumul ocupat de ulei în cuva transfomatorului în m³;
γ_u — greutatea specifică a uleiului, egală aproximativ cu 0,90 t/m³;
v — coeficientul de dilatare cubică, egal cu 0,0007;
t_2 — temperatura maximă de calcul a uleiului în transformator, egală cu + 95°C [2].
t_1 — temperatura minimă de calcul a uleiului, egală cu 35°C.

Dacă notăm cu $A\%$ volumul relativ al conservatorului, (raportat la volumul uleiului din cuvă și exprimat în procent), el va fi egal cu:

$$A\% = \frac{V_{cons}}{V_c} 100 = \frac{\pi D^2 l}{4 V_c} 100 = \frac{\pi D^2 l \gamma_u}{4 G_u} 100 = v\ (t_2 - t_1) \cdot 100$$

In această formulă D și l sînt respectiv diametrul și lungimea conservatorului, în m.

Pentru un transfomator dat, volumul de ulei existent în conservator la o temperatură de t°C este de:

$$V_t^\circ = V_c \cdot v(t - t_1)$$

sau raportat la volumul conservatorului și exprimat în procente:

$$V_t^\circ\% = \frac{v(t - t_1)}{A\%} 100$$

După cum se vede această relație reprezintă o familie de drepte, pentru valori ale lui $A\%$, figurată în jumătatea inferioară a nomogramei. Pe de altă parte, umplerea relativă a conservatorului cilindric și orizontal poate fi exprimată și ca funcție de înălțimea H de lichid din el. Intr-adevăr, volumul ocupat de ulei:

$$V_t = S_u \cdot l$$

unde S_u este suprafața părții din secțiunea rezervorului ocupată de lichid. Umplerea

relativă a conservatorului va fi în acest caz:

$$V_t\% = \frac{S_u}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} 100.$$

Partea de secțiune ocupată de ulei corespunzînd unui segment de cerc se exprimă (univoc) în funcție de înlățimea segmentului după relația:

$$S_u = \frac{1}{2}\left[\frac{\pi\alpha}{180} - \sin\alpha\right]$$

în care unghiul α măsurat în grade, va fi dat de relația:

$$\alpha = 2 \text{ arc cos } \left(1 - \frac{H}{R}\right)$$

In acest mod s-a construit prima curbă din jumătatea superioară a nomogramei.

La majoritatea transformatorelor, în partea inferioară a conservatorului, se lasă însă neu-

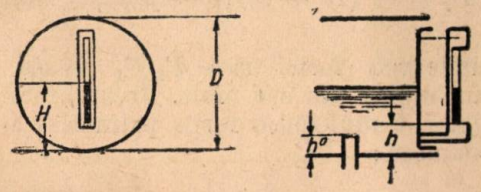


Fig. 2

tilizat un anumit volum, pentru depunerea impurităților și a umezelii. Acest volum este determinat fie de lungimea țevii de legătură cu cuva care pătrunde în conservator: h_0 (fig. 2), fie de înălțimea marginii inferioare a indicatorului de nivel h, care, după cum se știe, trebuie să fie egală sau mai mare ca h_0, pentruca sticla de nivel să nu arate greșit situația uleiului din conservator.

De aceea pe nomogramă s-au trasat o serie de curbe $\frac{H}{D}\% f(V_t^\circ\%)$ pentru diferite nivele de ulei neutilizabil h, raportate la diametrul D.

Datele necesare pentru folosirea nomogramei se pot obține ușor: D,l și h prin măsurarea directă, G_u din cartea tehnică a transformatorului. In lipsa lui se poate utiliza formula cu V_c, determinînd volumul ocupat de ulei în cuvă prin măsurarea volumului uleiului cu care se umple transformatorul pînă la punctul cel mai de jos al conservatorului.

Nomograma se poate folosi pentru toate transformatoarele de forță sau de măsură cu conservator cilindric orizontal.

Pentru aparatele care au un conservator prismatic sau cilindric vertical se poate folosi linia punctată, înclinată la 45°, figurată pe partea superioară a nomogramei.

In acest caz pentru V_{cons} se ia volumul cuprins între extremitățile părții observabile ale sticlei de nivel, iar ca V_c — volumul pe care îl umple uleiul cînd nivelul lui atinge marginea inferioară a indicatorului.

Valorile care se citesc pe nomogramă se repartizează la înălțimea conservatorului, adică a sticlei de nivel.

Se dă mai jos un exemplu de folosire a nomogramei.

Transformatorul tip FDOSFL 25 000/30 are;

$$D = 0{,}95 \text{ m}$$

$$l = 1{,}8 \text{ m}$$

$$h = 0{,}11 \text{ m}$$

$$G_u = 10.765 \text{ t}$$

Atunci:

$$A^0/_0 = \frac{\pi D^2 l \gamma_u}{4G_u} 100 = \frac{\pi \cdot 0{,}95^2 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 0{,}9}{4 \cdot 10{,}765} 100 \cong 10{,}7^0/_0$$

iar nivelul relativ neutilizabil

$$\frac{h}{D}{}^0/_0 = \frac{0{,}11}{0{,}95} 100 = 11{,}6^0/_0$$

Din nomogramă obținem:

$t = -30°C$ $\frac{H_{-30}}{D} = 15^0/_0$ $H_{-30} = 0{,}14$ m

$t = +35°C$ $\frac{H_{+35}}{D} = 52^0/_0$ $H_{+35} = 0{,}49$ m

$t = +75°C$ $\frac{H_{+75}}{D} = 75^0/_0$ $H_{+75} = 0{,}71$ m

Bibliografie:

[1] ***: Instrucțiuni pentru exploatarea transformatoarelor de forță GEI Ministerul centralelor electrice al U.R.S.S. 1946.

[2] *Ivașev V. V.*: Repararea transformatoarelor GEI, 1954.

Utilizarea transformatoarelor hidraulice

Prof. dr. ing. DORIN PAVEL

Mașinile hidraulice se împart în trei clase, ținînd seama de principiul de funcționare, anume în :

— *motoare hidraulice*, care transformă energia hidraulică în energie mecanică, de ex. : roțile cu apă, turbinele hidraulice, cu abur, cu gaz ;

— *generatoare hidraulice*, care transformă energia mecanică în energie hidraulică, de ex. : pompele, ventilatoarele, compresoarele, elicile de nave și avioane ;

— *transformatoare hidraulice*, care transformă energia hidraulică primară tot în energie hidraulică la secundar, însă cu alte caracteristici, respectiv transformă prin intermediul energiei hidraulice tot felul de mărimi, ca : forțe, presiuni, puteri, mișcări de orice fel.

Spre deosebire de primele două clase, bine cunoscute în tehnică, transformatoarele, care se dezvoltă abia acum, sînt tratate în literatură incomplet și sporadic. Ultima clasă se împarte în diferite grupe și acestea în tipuri.

Grupa I. **Transformatoarele hidrostatice** (simbol *Ths*)

O mărime mecanică primară, de ex. : forța F_1, presiunea p_1 sau puterea P_1, se transformă

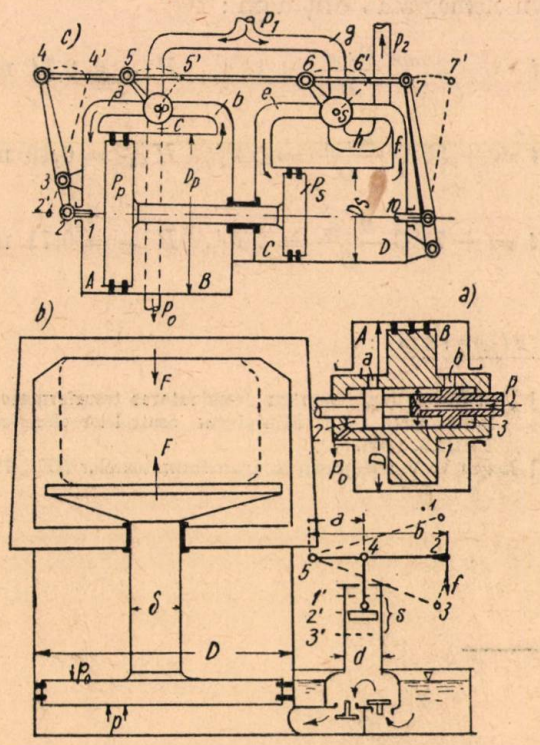


Fig. 1. Transformatoare hidrostatice ;
a — servomotor ; *b* — Ths de forțe ; *c* — Ths de presiune

în F_2, p_2, P_2 la secundar, folosind un fluid motor (apă, ulei, aer comprimat). După cum mărimea se amplifică sau se reduce de la primar la secundar, avem un *Ths* „amplificator" sau „reductor".

a) *Tipul Ths de forțe* se utilizează în industrii sub diferite forme, ca : servomotoare, prese hidrostatice, ciocane de forjă, ciocane cu aer comprimat. Servomotorul din fig. 1-*a* primește prin *c* presiunea mare p în spațiul *1*, iar în *2* și *3* domină p_0 atmosferic. Mișcînd tija-sertar spre stînga, cu forța primară mică F_1, trece uleiul în *A*, iar *B* comunică cu p_0, astfel pistonul servomotor dezvoltă forța la secundar :

$$F_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)(p - p_0)\,\eta = mF_1.$$

Multiplicarea forței $m = F_2/F_1$ poate fi de ordinul miilor sau mai mult. Presa hidrostatică din fig. *1*, *b* multiplică forța primară *f* la aceea la secundar :

$$F = \frac{D^2}{d^2}\frac{b}{a} f\,\eta_h\,\eta_m = mf, \quad \text{cu } \eta_h\,\eta_m = 0{,}86\ldots0{,}94.$$

b) *Tipul Ths de presiune* se utilizează pentru schimbarea presiunii apei, aerului sau altui fluid, fără a folosi electropompe. In industrii și pe șantiere poate fi folosit *Ths* la alimentări cu apă, la instalații pneumatice, utilizînd apa ca lichid motor. In fig. 1 *c* se arată schema unui astfel de *Ths*, care, cu presiunea primară p_1, la mersul spre dreapta dă la secundar :

$$p_2 = p_1 + \frac{D_p^2}{D_s^2}\eta(p_1 - p_0) - \frac{\delta^2}{D_s^2}(p_1 - \eta p_0) = mp_1.$$

Funcționarea este continuă-alternantă, cu cepurile primarului P și secundarului S comandate de tijele *1*, *2*...*9*,*10*. La construcția barajelor, la galerii și la foraje petrolifere se utilizează prese pentru injecții cu lapte de ciment, ca *Ths* de diferite tipuri.

c) *Tipul Ths de putere* se aseamănă constructiv cu cele de presiune, aci însă avem de respectat bilanțul puterilor la primar (indici 1) și secundar (indici 2)

$$Q_1 p_1 \eta_1 = Q_2 p_2 / \eta_2.$$

Grupa II. **Transformatoare de pompare** (*Tp*)

Aceste *Tp* diferă de pompe, neavînd nevoie a fi antrenate și funcționează pe calea transformărilor hidraulice de diferite tipuri :

a) *Turbotransformatoare hidraulice* (*Tth*). Combinînd într-o singură mașină un rotor de turbină ca primar, utilizînd căderea de apă H_1 cu debitul Q_1 și randamentul η_1, cu un rotor de pompă ca secundar, care debitează Q_2 sub înălțimea $H_2 = H_1\eta_1\eta_2 Q_1/Q_2 > H_1$, se obține turbotransformatorul.

In fig. 2, *a* se vede *Tth* realizat de prof. A. Bărglăzan [6], iar în 2, *b* unul din tipurile experimentate de autor, altele se găsesc în [2]. *Tth* sînt cele mai economice maşini de pompare

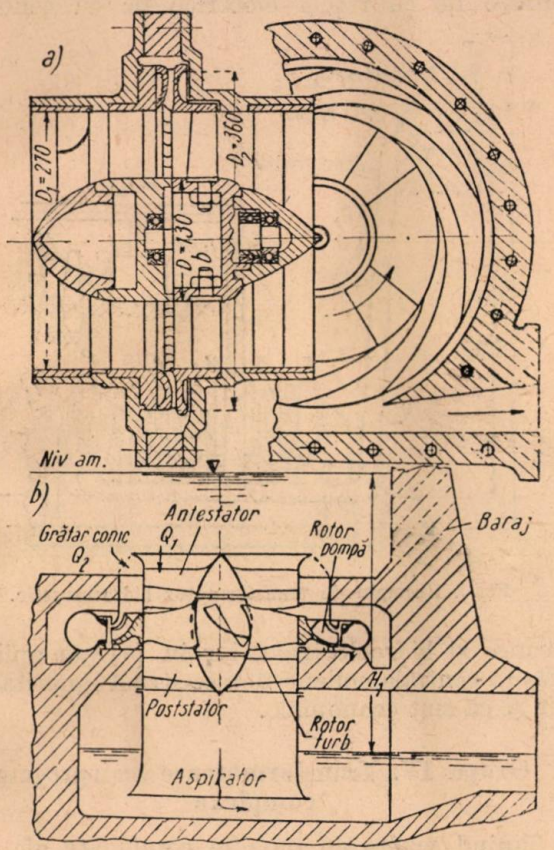


Fig.2. Turbotransformatoare hidraulice.
a — tipul realizat de prof. A. Bărglăzan; *b* — Tth experimentat de autor

a apei de irigaţie şi pentru asanări cu desecări de aceia sînt importante pentru Patria noastră.

b) *Berbecul hidraulic* (*B*). In conducta unei căderi primare H_1 amenajată pe un rîu, cu debitul Q_1, jocul supapelor din *B* (fig. 3, *a*) ridică debitul $Q_2 < Q_1$ la înălţimea $H_2 > H$ suficientă pentru a umple rezervoarele şi castelele de apă ale gospodăriilor agricole şi a satelor. Deşi randamentul global $\eta = \eta_1 \eta_2 < 0{,}4$ este foarte scăzut şi debitul $Q_2 = Q_1 H_1 \eta / H_2$ este mult mai mic decît Q_1 primar, berbecul hidraulic este suficient de economic la instalaţii rustice, fiind ieftin şi deoarece nu necesită nici un fel de antrenare mecanică.

c) *Hidropulsorul* (*H*) lucrează după acelaşi principiu ca berbecul hidraulic, însă supapele sînt înlocuite prin un dispozitiv rotitor cum arată fig. 3, *b*.

d) *Injectoarele şi ejectoarele* sînt aparate transformatoare hidraulice pentru pompare. Injectoare se numesc aparatele care pompează apa, utilizînd la primar apă sau abur, iar ejectoarele servesc creerii vidului la condensatoare sau la scoaterea lichidelor de la adîncimi, a nămolului şi lichidelor agresive. In fig. 4, *a*, se arată schema injectorului care pompează apa din *2* spre *3*, utilizînd căderea primară $h_1 > h_2$. In fig. 4, *b*,*c*, se arată injectorul cu aburi la primar şi apă la secundar, iar în 4, *d* ejectorul condensatoarelor de abur.

e) *Pulsometrul cu abur* utilizează la primar energia termică, analog procesului maşinii cu

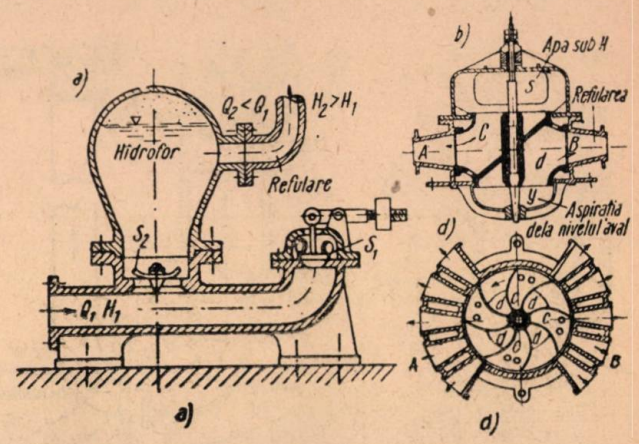


Fig. 3.
a — berbecul hidraulic; *b* — hidropulsorul

abur, însă nu are pistoane, biele, manivele. Fig. 5, *a* arată un pulsometru cu 2 cilindrii *A*, *B*, care sînt alimentaţi alternativ cu abur prin supapa *b*. Aburul în expansiune la *A* refulează apa prin S_r spre castelul de apă, iar în *B* vidul creeat prin condensare aspiră apă prin S_a. Notînd cu indicii 2 pomparea la se-

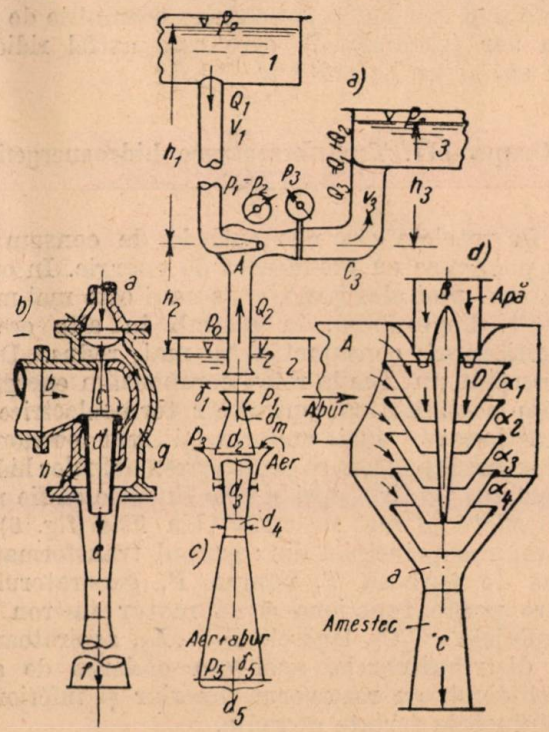


Fig. 4. Injectoare:
a — cu apă; *b*, *c* — cu abur; *d* — ejector pentru condensatoare

cundar şi cu *a* valorile pentru abur la primar, trebuie să fie:

$$\gamma Q_2 H_2 = 427\, \gamma_a Q_a \left[i_a + \frac{1}{427} \left(\frac{p_a}{\gamma_a} + \frac{c_a^2}{2g} \right) \right] \eta .$$

Randamentul global este sub 40%, în schimb aparatul este simplu şi ieftin.

f) *Pulsometrul cu gaze*, utilizează la primar energia gazelor de explozie, aşa cum arată schema din fig. 5, *b*, care corespunde instalaţiei

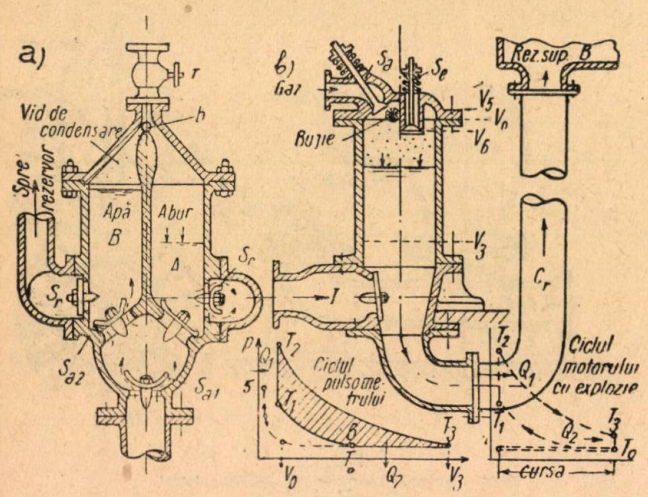


Fig.5. Pulsometre:
a — cu abur; *b* — cu gaz

Humphrey din 1913, care pompa 15 m³/s la $H = 9$ m. Detalii se dau în [1].

g) *Transformatorul cu aer comprimat*, denumit pompa Mamut, funcţionează pe principiul vaselor comunicante, la care într-un braţ este apa din puţ şi în celelalte o emulsie de apă cu aer (secundarul), care este astfel ridicată în sus, cum se arată în [2].

Grupa III. **Transformatoare hidroenergetice** (*The*)

In reţelele electrice curbele de consum nu se potrivesc cu producerea de energie. In orele de vîrf, mai ales iarna, consumul este mai mare decît disponibilul, în schimb în alte ore şi anotimpuri consumul este mai redus. Dacă branşăm un *The* la reţea compensăm energiile, dăm posibilitatea centralelor termoelectrice să funcţioneze mai uniform şi mai economic, deasemenea facem ca exploatarea uzinelor hidroelectrice pe firul apei şi cele fluviale să fie mai completă şi mai raţională. Un *The* (fig. 6) se compune principial din: grupul transformator, dat de turbina T, pompa P, generatorul G care poate funcţiona şi ca motor sincron M, cuplajele C_1C_2, lagărele $L_1 \ldots L_2$, aspiratoarele şi distribuitoarele, apoi din căderea de apă artificială, cu rezervorul superior şi inferior şi conductele forţate aferente.

Se constată că *The* transformă energia electrică primară E_1 (pompă) tot în energie electrică la secundar E_2 (turbină), prin procesul hidroelectric dat de bilanţul:

$$\int_0^{T_1} \left(\frac{Q_1 H_1}{\eta_1}\right) dt = \int_0^{T_2} (Q_2 H_2 \eta_2)\, dt.$$

Datorită dublului randament, se pierde aproape 40% din energie, în schimb se economisesc investiţiile în centralele de vîrf. In [1] şi [3] s-au arătat numeroase variante de *The* combinate fie cu reţele electrice fie cu centrale

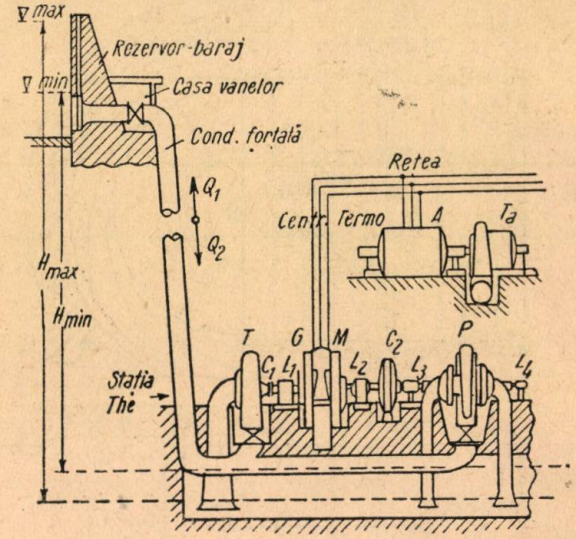


Fig.6. Exemplu de transformator hidroenergetic.

termo- şi hidroelectrice, iar în [5] am aplicat *The* la centrale eoliene demonstrînd importanţa lor şi că sînt economice.

Grupa IV. **Transformatoare cu agregate complexe**

Ţinînd seama de nevoile combinate ale irigaţiilor şi electrificării, am propus în [4] realizarea unui transformator complex, în 14 variante. Acestea pot funcţiona cu trei regimuri bine distincte:

a) în epoca irigaţiilor 1.III...31.VIII funcţionează ca turbotransformator de pompare;

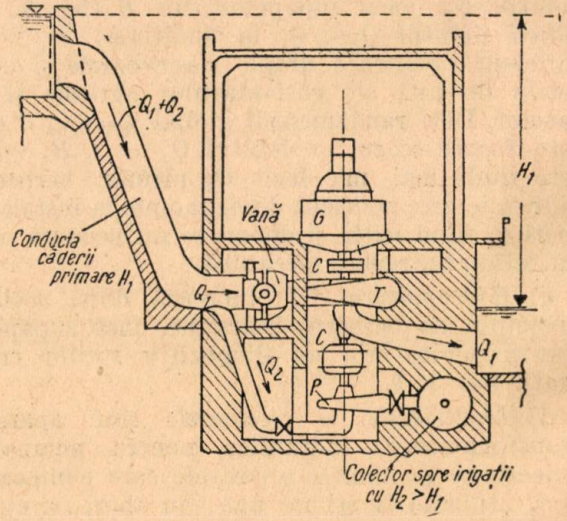


Fig. 7. Exemplu de agregat complex.

b) în timpul 31.VIII.1.III funcţionează integral şi în timpul irigaţiilor numai la vîrfuri de consum ca grup electrogen;

c) în epoci de mare secetă, cînd debitele disponibile sînt prea mici, parte din agregate funcţionează ca simple electropompe.

In fig. 7 se arată ca exemplu unul din agregatele complexe de mare capacitate, care funcţionează în regimul : *a*) turbina *T* şi pompa *P* ca *Tth*, cu generatorul *G* decuplat la *C*, apoi *b*) *T* cu *G* ca grup electrogen cu *P* decuplat şi *c*) *G* ca motor sincron antrenînd pompa, la turbina evidată. Patru asemenea agregate debitează prin colectorul central debitul $4Q_2$, pentru a iriga suprafeţe situate cu H_2 peste nivelul amonte al căderii primare H_1.

Grupa V. Transmisiile şi comenzile hidraulice

Transmisiile şi comenzile hidraulice sînt transformatoare de mişcări de orice fel, prin intermediul unui fluid motor. Ele sînt utilizate în tehnică azi pe scară tot mai largă, atît ca organe de maşini, ca şi pentru comenzile şi automatizările celor mai complicate procedee de fabricaţie. Mai jos se arată sumar cîteva tipuri de transmisii.

a) *Cuplajele volumetrice* (*CV*) transformă prin intermediul unui fluid motor (apă, ulei) n_1M_1

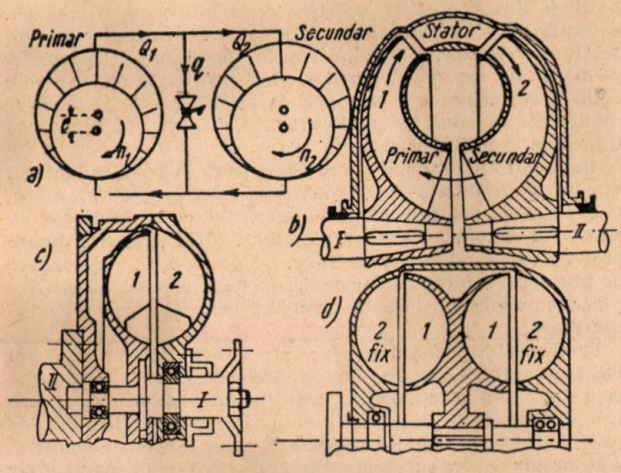


Fig. 8. Transmisii hidraulice :
a — cuplaj volumetric ; *b* — turbocuplă ; *c* —turbo-ambreiaj ; *d* — turbofrîna hidraulică

primar în n_2M_2 la arborele secundar. Variaţia turaţiilor n_1 n_2 şi a cuplurilor M_1 M_2 se face extraordinar de elastic de la zero la valorile maxime, vibraţiile, loviturile şi acceleraţiile massice nu se transmit de la primar la secundar. Dezavantajul *CV* constă în pierderea de energie prin randamentul scăzut, de aceea aceste tipuri se utilizează ca variatori (fig. 8, *a*) la maşini unelte de orice fel şi drept cuplaje la maşini de lucru de puteri mici.

b) *Turbocuplele* (*TC*) sînt principial identice cu *CV* însă reprezintă maşini mai perfecţionate cu primarul compus din rotor de pompă şi secundarul ca rotor de turbină, concentrate într-o carcasă (fig. 8, *b*), în care transmisia de la arborele primar *I* la cel secundar *II* se face prin uleiul motor. Reglînd grosimea torului de ulei se reglează puterea *TC*. Calculul şi construcţia *TC*, care atinge randamente de 95% şi puteri pînă la 10 000 kW, se arată desvoltat în [1] şi [7]. Există *TC* mai complicate, de exemplu : duble în paralel, duble în serie sau triloc care combină *TC* cu *TA*.

c) *Turboambreiajele* (*TA*) sînt *TC* simplificate, fără stator, ele transmit cuplul neschimbat $M_1 = M_2$ însă variază pe n_1 în n_2 în limite de 3...5%. Faţă de ambreiajele mecanice, *TA* sînt mai elastice, nu se uzează şi au randamente bune (fig. 8, *c*).

d) *Turbofrînele* (*TF*) sînt *TA* a căror secundar a fost imobilizat şi servesc disipării energiei. *TF* se mai utilizează ca instrumente de măsură a puterii pînă la 100 000 kW, la standuri de probă, în uzini şi pe nave. *TF* mai mici se utilizează pe autovehicule, locomotive , maşini de lucru şi utilaje de şantiere, la funiculare, planuri înclinate, ascensoare, etc. In fig. 8, *d* se arată o *TF* — dublă, care disipează puterea $P = K\left(\frac{n}{60}\right)^{2,9} D^{4,76}$, în kW, constanta K variind după felul lichidului motor şi temperatura sa.

e) *Comenzile hidraulice* sînt transformatoare de mişcări de translaţie sau rotaţie, amplificarea sau reducerea lor. Maşinile mari de lucru în fabrici şi pe şantiere sînt comandate pe cale hidraulică, la fel sînt comenzile de la distanţă şi diferitele automatizări, care se găsesc în [1] şi [7]. Importante perspective au comenzile hidrosonice inventate cu 4 decenii în urmă de ing. Gogu Constantinescu.

In cadrul de faţă s-au expus sub formă rezumativă pentru a da o privire de ansamblu asupra acestui domeniu deosebit de actual. Rămîne ca articole separate să se ocupe eventual de diferitele tipuri interesante pentru scopuri energetice şi hidrotehnice.

Bibliografie

[1] *Dorin Pavel* : Maşini hidraulice, vol II, E.E.S., 1955.
[2] ,, ,, Transformatori hidraulici, Hidrotehnica
[3] ,, ,, Transformatori hidroenergetici, Energetica, nr. 1/1954.
[4] ,, ,, Agregate complexe..., Hidrotehnica, nr. 10/1953.
[5] ,, ,, Centrale eoliene cu transf. hidroenergetic, Energetica şi Hidrotehnica de 8/55.
[6] *Bărglăzan A.* : Transformatorul hidraulic, teză, Timişoara 1940.
[7] **,** : Maşinostroenie, vol. 12, cap. ,,Transmisii hidraulice".

A. M. FEDOSEEV: „Protecţia prin relee a sistemelor electrice" (traducere din limba rusă) Editura Energetică de Stat, 1955, 510 pagini.

Protecţia prin relee, una din principalele forme de automatizare a sistemelor electrice moderne, constituie o problemă de un interes deosebit pentru inginerii electroenergeticieni. Apariţia unor dispozitive noi de protecţie, fabricate în U.R.S.S. superioare celor realizate pînă acum în toate ţările, a fost completată cu aplicarea în protecţie şi exploatare a unor metode, mai noi şi mai practice, de rezolvare a diferitelor probleme de principiu.

Pentru umplerea golului cauzat de depăşirea manualelor şi lucrărilor vechi, autorul a elaborat tratatul „Protecţia prin relee a sistemelor electrice" care corespunde programei analitice a cursurilor de protecţie prin relee predate la institutele politehnice din U.R.S.S.

Scopul principal al protecţiei prin relee constă în deconectarea automată de restul sistemului a elementului defectat, cu ajutorul întrerupătoarelor, putîndu-se astfel restabili regimul normal de funcţionare a sistemului şi evitîndu-se distrugerea elementelor defectate. Al doilea scop, suplimentar al protecţiei prin relee este acţiunea împotriva regimurilor anormale de funcţionare a elementelor din sistem; aceasta este adesea o protecţie de temporizare, cum este protecţia contra defectelor, iar nu cu acţiuni rapide.

În niciun domeniu al tehnicii, instalaţiile de protecţie nu au căpătat o dezvoltare de importanţă atît de mare ca în sistemele electrice actuale, ceea ce se datoreşte faptului că defectările dintr-o parte a sistemului au o imediată repercusiune asupra funcţionării unei părţi importante din sistem, din cauza legăturilor electrice sau magnetice care există între elementele sistemului.

Lucrarea profesorului A. Fedoseev este împărţită în 12 capitole, fiecare divizat într-un număr mare de paragrafe; aceasta permite modificarea volumului cursului general, în funcţie de programa analitică existentă pentru fiecare din institutele respective, unde se predă această materie.

Se arată la început rolul protecţiei prin relee, se expune dezvoltarea tehnică a protecţiei şi condiţiile principale tehnice şi economice pe care trebuie să le îndeplinească protecţia precum şi principiile fundamentale de funcţionare a diferitelor dispozitive.

După această introducere sînt examinate defectele şi regimurile anormale de funcţionare a reţelelor aeriene şi subterane, scurtcircuitele trifazate şi bifazate, punerile la pămînt a unei faze în reţelele de curent mare şi mic, precum şi a două faze de curent mare şi mic; de asemenea se expune şi dubla punere la pămînt. Se arată apoi defectul produs după transformare, întreruperea unei faze precum şi regimurile anormale de funcţionare: supracurent, pendulare etc.

Cu capitolul doi începe studiul protecţiei propriuzise. In acest capitol este tratată protecţia de curent, arătîndu-se elementele principale de protecţie, temporizarea şi sensibilitatea ei. Se trece apoi la descrierea pe larg a construcţiei şi funcţionării releelor folosite pentru protecţia de curent. Se dau metodele analitice de determinare a celor mai convenabili parametri ai protecţiei, cum şi calculul protecţiei de curent cu secvenţă homopolară, cu filtru compus din trei transformatoare de curent.

Protecţia direcţională de curent este tratată în capitolul al treilea. Se descrie principiul de funcţionare al protecţiei şi elementele ei principale, temporizarea protecţiei, executarea releelor şi funcţionarea releelor direcţionale de putere cu un singur element, elaborarea schemelor protecţiilor direcţionale de curent.

In capitolul IV este tratată problema vastă a protecţiei de distanţă. După expunerea principiului de funcţionare şi a elementelor principale ale protecţiei de distanţă, se dau caracteristicile de temporizare ale protecţiei de distanţă şi se descrie executarea releelor. Un loc important îl ocupă schemele protecţiilor de distanţă, elementele de pornire, etc.; se dau dispozitivele de preîntîmpinare a acţiunilor greşite ale protecţiilor în diferite condiţii. In concluzia celor arătate în acest capitol, protecţia de distanţă trebuie să îndeplinească condiţiile de selectivitate, viteză, sensibilitate, siguranţă. Ele trebuie să fie utilizate ca protecţie de bază şi de rezervă numai în cazurile cînd nu e posibil să se utilizeze tipuri de dispozitive de protecţie mai simple şi mai sigure.

Capitolul al cincilea tratează despre protecţia diferenţială, bazată pe principiul comparării curenţilor de la începutul şi de la sfîrşitul elementului protejat sau din două puncte oarecare ale acestuia. Este redată protecţia diferenţială longitudinală şi transversală, zonele de acţiune şi zonele moarte ale protecţiei, transversale, direcţionale, protecţia de echilibru etc.

Protecţiile prin înaltă frecvenţă sînt examinate ceva mai succint. Ca şi în celelalte capitole, capitolul al 6-lea arată metodele de executare a protecţiei prin înaltă frecvenţă, principul de funcţionare, elementele de pornire, schema de principiu a protecţiei direcţionale cu blocaj prin înaltă frecvenţă care acţionează scurtcircuitele nesimetrice şi a protecţiei diferenţiale de fază prin înaltă frecvenţă. Comparaţia între protecţiile direcţionale cu filtre şi protecţiile diferenţiale de fază prin înaltă frecvenţă arată că schemele protecţiei direcţionale cu filtre şi a celor diferenţială de fază prin înaltă frecvenţă elaborate în U.R.S.S. întrec prin parametrii lor toate modelele străine cunoscute. Protecţia diferenţiaiă de fază are ca avantaje: *a*) asigurarea unei mai mari sensibilităţi în cazul scurtcircuitului nesimetric pe liniile lungi care pleacă de la barele staţiilor sistemelor electrice de mare putere; *b*) posibilitatea utilizării lor în regimurile de funcţionare cu faze incomplete şi simplitatea de principiu ceva mai mare a schemei.

Capitolul VII tratează despre alegerea principiilor de protecţie a reţelelor. Expunînd zonele de acţiune şi protecţia de bază, de rezervă şi auxiliară, autorul arată condiţiile de timp şi sensibilitate a protecţiei şi descrie protecţia reţelelor de diferite tensiuni începînd de la 3 kV pînă la 220 kV în diferitele condiţii de curent.

Incepînd cu capitolul al optîlea şi pînă la sfîrşitul lucrării, autorul nu mai foloseşte drept criteriu felul protecţiei ci obiectul ei aşa că aceste capitole se referă la scopul protecţiei cu releele în sistemele electrice. Capitolul VIII tratează despre protecţia generatoarelor sincrone. Se dau diferite dispozitive de protecţie a înfăşurărilor de dezexcitare rapidă, dispozitive contra incendiului şi schema completă de protecţie pentru generatoare.

Protecţia transformatoarelor este examinată în capitolul IX după criterii similare. Sînt studiate defectele şi regimurile cunoscute de funcţionare a transformatoarelor scurtcircuitate, schemele şi principiile de funcţionare a protecţiilor de gaze, folosirea diferitelor categorii de relee, protecţia transformatoarelor contra supracurentului de scurtcircuit şi curenţilor de suprasarcină etc.

Capitolul X-lea, de extindere mai mică decît celelalte se ocupă în puţine paragrafe de protecţia blocurilor generator-transformator şi linie-transformator arătînd particularităţile acestui gen de protecţie, parametrii de pornire şi sensibilitate maximă etc.

Protecţia barelor centralelor şi staţiilor este tratată în capitolul XI. Aci se descrie categoriile de defecte ale barelor, condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească această protecţie, metodele de execuţie, protecţia de curent şi de distanţă, protecţia diferenţială de diferite categorii şi în diferite cazuri cum şi utilizarea protecţiei de curent de construcţie specială, de rezervă, pentru mărirea siguranţei în funcţionare a protecţiei barelor, conectate la transformatorii de curent separaţi.

La sfîrşitul lucrării, în capitolul XII, sînt studiate protecţiile motoarelor sincrone şi asincrone. După ce se arată defectele şi regimurile anormale de funcţionare a motoarelor, curentul de suprasarcină şi comportarea motoarelor asincrone în cazul căderilor de tensiune, se tratează protecţia motoarelor contra scurtcircuitelor polifazate, contra supracurenţilor, cu ajutorul releelor termice şi releelor de curent cu temporizare, schema şi rolul protecţiei de tensiune etc. Capitolul se încheie cu examinarea protecţiei speciale a motoarelor sincrone contra ieşirii din sincronism şi particularităţile protecţiei compensaţiei sincrone.

O bibliografie de peste 150 lucrări de bază din literatura sovietică de specialitate deschide specialiştilor şi chiar stu-

denţilor care studiază acest domeniu drumul de aprofundare.

Cartea profesorului Fedoseev care studiează în amănunţime teoriile şi practica protecţiei prin relee a sistemelor electrice trifazate de înaltă tensiune este o lucrare de bază pentru pregătirea profesională a viitorilor ingineri dar poate fi folosită şi în activitatea practică de către inginerii electricieni. Prezentarea metodică a lucrării face din ea un manual preţios.

Ing. V. R.

A. A. SMIRNOV : ,,Aparate termotehnice de măsură şi control Indrumător practic pentru reparaţii (traducere din limba rusă) Editura Energetică de Stat, 1955—520 pagini.

Lucrările sovietice şi cele apărute în alte ţări, care tratează despre aparatele de măsurat şi de controlat, conţin informaţii numai în ce priveşte teoria, construcţia şi funcţionarea aparatelor ; ele nu tratează însă aproape deloc despre repararea acestor aparate. Răspîndirea largă în industria petroliferă, carboniferă, metalurgică, chimică, energetică şi electrotehnică a acestor aparate a cerut să se dea atenţie şi capitolului menţinerii lor în funcţiune în condiţiile cele mai bune.

Pentru ca reparaţiile necesare să se facă în mod raţional şi pentru a se generaliza metodele bune aplicate în industria termotehnică sovietică, Editura tehnică ştiinţifică pentru literatura petroliferă şi minieră din Leningrad a editat îndrumarul practic pe care-l recenzăm aci privind aparatele termotehnice de măsură şi control.

Apărută în traducere la Editura Energetică de Stat, după ediţia II-a sovietică, lucrarea cuprinde descrierea reparaţiilor celor mai răspîndite aparate. Sînt descrise amănunţit procedeele de bază ale reparaţiilor, metodele de punere la pămînt, de reglare şi de verificare la ieşirea din reparaţie a termometrelor, pirometrelor, analizoarelor de gaze, aparatelor pentru măsurat tirajul şi a manometrelor şi aparatelor automate de reglaj.

Indreptarul alcătuit de A. A. Smirnov dă inginerilor şi tehnicienilor din toate ramurile industriale şi îndeosebi din secţiile energetice cum şi personalului din secţiile de reparaţii şi de exploatare a acestor întreprinderi, elementele necesare pentru repararea aparatelor termotehnice menţionate.

In primele două capitole din partea I-a, autorul dă noţiunile generale necesare pregătirii şi organizării reparaţiei. Capitolul I tratează despre organizarea laboratorului şi cuprinde sarcinile şi schema de organizare tip a unor astfel de secţii. La repararea aparatelor se arată cum se acordă o atenţie deosebită cerinţelor de tehnica securităţii în deosebi măsurile legate de folosirea mercurului, regulile de securitate necesare în timpul operaţiilor ce se fac cu mercur şi a aparatelor care conţin acest metal lichid care este toxic.

Operaţiile de reparare formează obiectul capitolului al doilea. Se tratează aci despre repararea cadranelor aparatelor de măsură şi control, fabricarea resorturilor speciale, confecţionarea cadrelor, repararea cutiilor aparatelor, montarea geamurilor etc.

Repararea termometrelor şi pirometrelor este expusă pe larg în partea a doua a cărţii. In capitolele III şi IV se arată defectele termometrelor şi manometrelor, repararea lor, apoi repararea termometrelor cu rezistenţă de platină şi de cupru. Se arată cum se face revizia eliminatorie şi verificarea la ieşirea din reparaţie. In capitolul V sînt descrise caracterele diferenţiale ale diferitelor logometre, defectele lor şi modul de înlăturare a cauzelor şi a defectelor. Se arată procedeele de reparare, de echilibrare a sistemului mobil, reglarea mecanică, metode de calcul a acesfor rezistenţe, schema electrică a logometrelor şi gradarea lor.

In partea destinată termocuplelor (cap. VI) atenţia principală este concentrată asupra însuşirilor care stau la baza aparatelor, adică sudarea diferitelor metale. Se studiază pregătirea termoelectrozilor, sudarea după diferite procedee, cu arc, în baie electrolitică, cu flacără oxiacetilenică.

Capitolul VII cuprinde repararea voltmetrelor ; sînt arătate şi aci defectele şi cauzele lor precum şi modalitatea de înlăturare care cuprinde metode de reparaţie pentru diferitele piese ale echipamentului mobil al milivoltmetrelor.

Potenţiometrele automate şi punţile echilibrate sînt tratate în capitolul VIII după aceiaşi schemă ca şi la aparatele descrise mai înainte dar cu dezvoltare mai mare în privinţa defectelor cauzate şi modalităţilor de înlăturare. Numeroase scheme de montaj îmbogăţesc acest capitol.

Pe aceeaşi schemă capitolul IX şu X se ocupă de pirometrele de radiaţie, la fiecare din ele dîndu-se atenţie deosebită determinării erorii fundamentale, eşirii din reparaţie, reviziei şi probei preliminare cum şi verificării aparatelor.

Partea a treia a lucrării cuprinde repararea debitmetrelor. In cele două capitole XI şi XII ce alcătuiesc această parte, se arată repararea, controlul şi verificarea acestor debitmetre ; se descriu simbolurile adoptate, măsura şi sensul simbolului diafragmelor, metodele şi formulele de calcul etc. Se tratează defectarea, cauzele şi modalităţile de înlăturarea lor la debitmetre cu manometre diferenţiale de diferite tipuri.

Partea a 4-a se ocupă cu repararea aparatelor cu membrane pentru măsurat tirajul, în capitolul XIII, şi despre manometre în capitolul XIV. Se insistă îndeosebi asupra verificării etanşeităţii dispozitivelor.

În partea finală, care cuprinde capitolele XV şi XVI, este expusă repararea analizoarelor de gaze. In primul din aceste două capitole se examinează repararea analizoarelor electrice de gaze, iar în celălalt repararea analizoarelor automate, chimice de gaze. Se arată aci şi repararea cuptoarelor de ardere completă, etc.

Un număr excepţional de mare de tabele (101 tabele) completează lucrarea cu datele tehnice, coeficienţi de diferite categorii, greutăţi specifice, formule pentru fondanţi, caracteristici ale resorturilor etc. O bibliografie bogată încheie acest volum.

Lucrarea lui A. A. Smirnov este prima încercare de a întocmi un manual practic privind aparatele termotehnice de măsură şi control. Deşi autorul a ţinut seama de sugestiile primite după apariţia ediţiei I-a şi a acordat în noua ediţie o atenţie deosebită aparatelor celor mai moderne, electronice, folosite pe o scară largă în industria petroliferă totuşi lucrarea nu a putut cuprinde întreaga problemă şi nici întreaga nomenclatură din domeniul termotehnic şi celelalte. Mărginindu-se la descrierea reparaţiilor celor mai răspîndite aparate, autorul nu s-a ocupat decît de operaţiile strict necesare şi principale în procesul reparaţiei şi recondiţionării diferitelor aparate de măsură şi control.

Prin metodologia sa, lucrarea poate folosi ca manual pentru şcolile tehnice. Ea este de un folos real şi pentru inginerii care trebuie să urmărească şi să îndrumeze tehnologia reparaţiilor din acest domeniu.

Cartea recenzată cuprinde un număr de 175 scheme şi grafice care fac subiectul mai uşor de însuşit. Ea contribuie la ridicarea tehnicităţii muncii şi la o mai bună folosire a aparatelor uzate după un interval de funcţionare. **Ing. M.P.**

C.T. ALTUNIN prof. şi I.A. BUZNOV ing. : Construcţii de protecţie pe rîuri

Ed. Arg. Moscova, 1953.

Lucrarea prof. Altunin şi ing. Buzunov ,,Construcţii de protecţie pe rîuri", publicată în 1953, se adresează hidrotehnicienilor din sectorul proiectării şi exploatări regularizărilor de rîuri şi are un caracter tehnico-ştiinţific nouă în raport cu lucrările mai vechi din această specialitate. Se poate afirma că prof. Altunin, în special, este primul autor cunoscut de noi, care a studiat ştiinţific problema rîurilor, reuşind să prindă în relaţii matematice fenomenele de deformare a albiilor, elementele pentru albiile stabile, fenomenele de eroziune generale şi locale şi a întocmit o clasificare ştiinţifică a rîurilor după elemente caracteristice.

După cum afirmă însă chiar autorii lucrării, ,,teoria proiectării şi calculul construcţiilor de protecţie şi regularizare este încă departe de a fi suficient elaborată".

Lucrarea are şi caracter practic, căci pune la îndemîna inginerilor proiectanţi elemente de calcul şi soluţionări interesante, iar pentru inginerii din exploatare pune la dispoziţie rezultatele valoroase ale practicei autorilor în acest domeniu.

Un număr de 88 figuri în text şi numeroase tablouri completează expunerea.

Lucrarea are 4 părţi şi anume :

Partea I-a intitulată ,,*partea generală*", are o extindere relativ redusă în raport cu celelalte părţi, dar conţine un mare număr de rezultate ştiinţifice şi formule de calcul necesare în proiectare.

Se începe cu o clasificare a construcţiilor de regularizare după diferite criterii şi din care trebuie semnalată pe aceea care împarte aceste construcţii după caracterul lor activ sau pasiv.

Intre panta rîului şi dimensiunea medie a granulelor din care este formată albia, se indică o relaţie simplă, care permite analiza ştiinţifică a oricărui curs de apă.

În fenomenul de şerpuire a rîurilor, autorii găsesc relaţia care exprimă panta stabilă a unui curs de apă şi faţă de care o valoare inferioară creiază adîncire, iar o valoare superioară creiază şerpuire.

Pentru stabilirea unui traseu stabil prof. Altunin şi ing. Buzunov analizează legile clasice ale lui Fargue şi dau elementele geometrice ale lungimii meandrei, ale razelor de curbură şi aliniamentelor dintre curbe. De asemenea se dau relaţiile pentru stabilirea adîncimilor în curbură şi a adîncimilor locale, create de diferite cauze.

Pentru proiectanţi sînt de real folos o serie de exemple de calcul care arată modul de aplicare a diferitelor relaţii.

Partea a II-a, intitulată *„Proiectarea construcţiilor de protecţie şi regularizare"* are o dezvoltare mai mare şi conţine expunerea detaliată a acelor construcţii folosite în regularizările de rîuri, care evită eroziunile de mal sau care îmbunătăţesc condiţiile de scurgere la prize, poduri sau alte traversări.

Autorii insistă la începutul acestei părţi asupra importanţei amplasării juste a construcţiilor de apărare, arătînd că pe baza diferitelor elemente naturale trebuie găsite în prealabil elementele de echilibru în plan, profil transversal şi longitudinal.

Urmează un studiu comparativ între domeniile de aplicare ale pintenilor şi digurilor longitudinale care arată avantajele şi desavantajele celor 2 tipuri de lucrări.

Pintenii sînt analizaţi pe larg ca dispoziţie în plan, lungime, etc. dîndu-se exemple de folosire a lor, cu rezultatele obţinute.

Autorii trec la analiza digurilor longitudinale şi apoi la studiul pintenilor de captare la prizele de apă. Se arată marile avantaje ale acestor pinteni în procesul de evitare a aluviunilor de fund şi de mărire a captării şi se insistă asupra posibilităţilor de spălare cu ajutorul deversorilor, dispuşi în corpul pintenilor.

Se trece în continuare la analiza construcţiilor de protecţie la prizele cu baraj şi cele de la poduri, arătîndu-se scopurile care trebuie să le atingă.

Se dau cîteva exemple concrete de regularizare nereuşite cu toate consecinţele survenite din care se trag o serie de concluzii foarte utile.

Un capitol interesant şi bine documentat îl ocupă construcţiile penetrabile şi cele plutitoare cu reţea, care se folosesc pentru activarea depunerilor, ca o măsură pentru evitarea eroziunilor.

Partea a III-a tratînd despre *„digurile contra inundaţiilor"*, are o extindere destul de mare şi se adresează atît proiectanţilor cît şi tehnicienilor din exploatarea sistemelor de apărare contra inundaţiilor.

Autorii explică întîi fenomenele de ridicare a albiei şi malurilor în zonele de şes prin depunerile de aluviuni, ceea ce provoacă accentuarea inundaţiilor în caz de viituri.

Aceste depuneri provoacă de asemenea formarea unor meandre şi împărţirea în braţe, ceea ce micşorează panta şi deci capacitatea de scurgere şi măresc prin aceasta pericolul inundaţiilor.

Din cele de mai sus rezultă două mijloace pentru evitarea inundaţiilor şi anume : indiguirile laterale şi tăierea meandrelor.

In soluţia cu diguri se analizează pericolul erodării digurilor, odată cu malul respectiv, ajungîndu-se însă la concluzia că apărările continui sînt prohibitiv de scumpe şi că trebuie recurs la un sistem de diguri dublate în zonele critice, ca în caz de rupere a primului dig să intre în funcţie digul de rezervă din spate.

In problema zăporilor se dă o analiză interesantă cu modul de formare şi de autodistrugere a celor două tipuri de zăpori şi anume : cei de sfîrşit de iarnă şi cei de început de iarnă, arătîndu-se că zăporii de început de iarnă sînt cei mai periculoşi.

Un capitol important pentru exploatare îl ocupă defecţiunile constatate la indiguirile existente şi remediile acestor defecţiuni.

De asemenea modul de calcul al infiltraţiei prin dig pe bază permeabilă, apare ca o raritate faţă de multitudinea formulelor altor autori, care se ocupă exclusiv de digurile pe bază impermeabilă.

La sfîrşitul părţii a III-a se dau indicaţii asupra lucrărilor de refacere, reparare şi întreţinere a digurilor de pămînt şi se analizează mijloacele de extracţie mecanizate, inclusiv hidromecanizarea.

In privinţa colmatajului artificial se dau date care interesează organele tehnice de hidroameliorare.

Partea a IV-a, intitulată : *„Exploatarea tehnică şi norme de proiectare a construcţiilor de protecţie*, are un conţinut restrîns şi reprezintă mai mult o anexă a lucrării.

Se dau indicaţii asupra organizării şi instrucţiunii de întreţinere a construcţiilor de protecţie, ceea ce dovedeşte că autorii s-au ocupat personal de această problemă, în aparenţă simplă, dar de care depinde rezultatul final al lucrărilor de regularizare.

In sfîrşit se analizează programul studiilor şi proiectării lucrărilor de protecţie după fazele de proiectare, dîndu-se indicaţii asupra conţinutului studiilor.

Incheiere. Lucrarea prof. Altunin şi a ing. Buzunov, expusă mai sus, serveşte ca îndreptar în munca de proiectare şi caracterul ei practic s-a dovedit real, deoarece autorii au găsit răspuns la multe din problemele regularizărilor de rîuri şi recomandă cu hotărîre formule precise şi coeficienţi de calcul.

Prof. I. S.

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

10

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

SUMAR

* * * : Luna prieteniei romîno-sovietice . . . 441

Şandru V.: Studii tehnico-economice în Uniunea Sovietică pentru alegerea parametrilor optimi ai aburului în centralele electrice cu condensaţie pură de mare putere 442

Drăgan G.: Aspecte noi în problema depunerilor de chiciură pe conductori 448

Voinea R. şi *Voinea D.*: Contribuţii la calculul mecanic al conductorilor flexibili din instalaţiile electrice de tip exterior 457

Constantinescu M. şi *Goldstein M.*: Completări privind problema formulelor aproximative în calculul debitelor maxime 467

SCHIMB DE EXPERIENŢĂ

Brenner G.: Măsurarea energiei active şi reactive cu contori monofazici 470

Stern I.: Indicator de deplasare axială pentru turbine 473

IN AJUTORUL CELOR CE STUDIAZĂ ŞI APLICĂ PRESCRIPŢIILE DE EXPLOATARE TEHNICĂ A CENTRALELOR ŞI STAŢIILOR ELECTRICE

Manolescu G.: Transformatoarele Cap. 29 . . 476

PENTRU NOILE CADRE

Penescu C.: Consideraţii generale asupra aplicării automaticei şi telemecanicei în sistemele energetice 481

RECENZII 487

СОДЕРЖАНИЕ

* * *: Месячник румыно-советской дружбы 441

В. Шандру: Технико-экономические исследования в С.С.С.Р. по выбору наилучших параметров пара чисто конденсационных электростанций большой мощности . . . 442

Г. Драган: Новое в вопросе о гололедных образованиях на проводах воздушных линий 448

Р. Войня и *Д. Войня*: Относительно механического расчета гибких проводов электроустановок наружнего типа 457

М. Константинеску и *М. Голдштейн*: Дополнение к вопросу о приблизительных формулах при расчете максимальных расходов 467

В ПОМОЩЬ ПРОИЗВОДСТВЕННИКАМ

Г. Бреннер: Измерение активной и реактивной энергии однофазными счетчиками . . 470

И. Штерн: Указатель осевого сдвига турбин 473

В ПОМОЩЬ ИЗУЧАЮЩИМ И ПРИМЕНЯЮЩИМ ПТЭ

Г. Маколеску: Гл. 29. Трансформаторы . 476

НОВЫМ КАДРАМ

К. Пенеску: Общие соображения о применении автоматики и телемеханики в энергетических системах 481

РЕЦЕНЗИИ 487

SOMMAIRE

* * *: Le mois de l'amitié roumano-soviétique 441

Şandru V.: Recherches technico-économiques sur les meilleurs paramètres dans les centrales électriques à condensation pure de l'Union Soviétique 442

Drăgan Gleb: Nouveaux aspect du problème de la formation de givre sur les conducteurs des lignes aériennes 448

R. Voinea et *D. Voinea*: Contributions au calcul mécanique des conducteurs flexibles dans les installations électriques de type extérieur 457

Goldstein M. et *Constantinescu M.*: Eléments complémentaires concernant le problème des formules approximatives dans le calcul des débits maxima 467

ECHANGE D'EXPERIENCE

Brenner C.: Mesure de l'énergie active et réactive à l'aide de compteurs monophasés 470

Stern I.: Indicateur de déplacement axial des turbines à vapeur 473

ECLAIRCISSEMENTS APPORTES AUX PRESCRIPTIONS DE L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES CENTRALES ET RESEAUX ELECTRIQUES

Manolescu G.: Chapitre 29; Transformeteurs 476

POUR LES NOUVEAUX CADRES

Penescu C.: Considérations générales sur l'application des installations automatiques et télémécaniques dans les systèmes énergétiques 481

RECENSIONS 487

INHALTSVERZEICHNIS

* * *: Der Monat der rumänisch-sowjetischen Freundschaft 441

Şandru V.: Technisch-wirtschaftliche Untersuchungen über die geeignetesten Dampfgrössen in Kondensation kraftwerken der Sovietunion 442

Drăgan Gleb: Neues auf dem Gebiete der Rahreifbildung auf Freileitungen 448

Radu Voinea u. *Dinu Voinea*: Beitrag zur mechanischen Berechung der biegsamen Leiter in Freiluftschaltanlagen 457

Goldstein M. u. *Constantinescu M.*: Ergänzungen zur Frage der Annäherungsformeln zur Berechnung der maximalen Wassermengen . 467

ERFAHRUNGSAUSTAUSCH

Brenner G.: Messung der Wirk-und Blindleistung mit Einphasenzählern 470

Stern I.: Axialveschiebungsanzeiger für Dampfturbinen 473

ERLAUTERUNGEN ZU DEN TECHNISCHEN BETRIEBSVORSCHRIFTEN DER ELEKTRISCHEN KRAFTWERKE UND NETZE

Manolescu G.: Kapitel 29: Transformatoren 476

FUER JUNGINENIEURE

Penescu C.: Allgemeine Betrachtungen über die Anwendung der Automatik und Telemechanik in elektrischen Verbundsystemen . 481

BUCHERSCHAU 487

E 2039
d

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 10 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

Luna prieteniei romîno-sovietice

Ca în fiecare an, poporul nostru sărbătoreşte în luna octombrie „Luna Prieteniei Romîno-Sovietice".

Cu această ocazie au loc manifestări în care se reflectă recunoştinţa poporului nostru faţă de poporul sovietic, care ne-a eliberat de sub jugul fascist şi care ne ajută în toate domeniile de activitate în construirea socialismului.

Ajutorul imens pe care Uniunea Sovietică l-a dat poporului nostru s-a făcut simţit şi în domeniul energeticei, în înfăptuirea planului de electrificare şi a planului cincinal.

Pentru înfăptuirea planului de electrificare, puternica ţară a socialismului ne-a acordat un ajutor multilateral, începînd de la pregătirea cadrelor în facultăţile şi în institutele de cercetări din U.R.S.S. şi terminînd cu livrările complexe de utilaj energetic.

Astfel documentaţia tehnică sosită din U.R.S.S. a fost un sprijin eficace de zi de zi, contribuind atît la ridicarea nivelului tehnic al tehnicienilor şi inginerilor din R. P. R., cît şi la proiectarea şi realizarea unor mari instalaţii energetice ca: centrale termoelectrice de 100 şi 150 MW, centrale de termoficare, staţii de conexiune şi transformare, linii de înaltă tensiune etc.

Instalaţiile termomecanice şi electrice din marile instalaţii energetice sînt în majoritatea lor livrate din Uniunea Sovietică.

Montajele unor agregate importante ca: grupuri turbogeneratoare de 50 MW, cazane de 230 t/h funcţionînd la 100 ata şi 510°C grupuri turbogeneratoare de 25 MW pentru termoficare, se execută sub supravegherea specialiştilor sovietici care pun dezinteresat şi prieteneşte toate cunoştinţele lor la dispoziţia specialiştilor noştri.

Este de asemenea de relevat ajutorul tehnico-ştiinţific primit în concepţia ce stă la baza dezvoltării noastre energetice; în acest domeniu sînt de remarcat ca probleme deosebit de importante politica combustibililor şi folosirea în scopuri energetice a energiei atomice.

Rezolvarea primei probleme conduce la o justă folosire a diferitelor sorturi de combustibil trecîndu-se la folosirea în scopuri energetice a combustibililor inferiori şi deşeurilor combustibile, legată de aşezarea centralelor electrice în zona surselor de combustibil, la folosirea în scopuri tehnologice a combustibililor superiori, respectiv la folosirea complexă a combustibililor atît în scopuri energetice cît şi tehnologice (termoficare etc.).

Cocsificarea cărbunilor din Valea Jiului, fabricarea cauciucului sintetic din produse petrolifere, dezvoltarea industriei chimice de bază avînd ca materie primă gazul metan sînt consecinţe ale unei juste politici energetice.

Folosirea energiei atomice în scopuri paşnice, între altele şi pentru producerea energiei electrice, a deschis şi ţării noastre perspective ce în viitor vor conduce la schimbări foarte importante în balanţa noastră energetică globală.

Analizînd bilanţul realizărilor din ultimii ani în domeniul energetic se poate conchide că şi în acest domeniu ajutorul sovietic a contribuit hotărîtor la dezvoltarea tehnică şi economică a acestei impotante ramuri a economiei naţionale.

Studii tehnico-economice în Uniunea Sovietică pentru alegerea parametrilor optimi ai aburului în centralele electrice cu condensaţie pură de mare putere

Ing. ŞANDRU V.

Pe baza materialelor studiate în timpul studiilor în Institutul Energetic „V. Molotov" din Moscova, autorul face o expunere concisă a metodelor de studiu şi a rezultatelor obţinute de cercetătorii sovietici în domeniul aburului de parametrii supraînalţi.

Calea de dezvoltare a ciclului cu abur, începînd cu maşina cu abur a lui Polzunov şi pînă la puternicele centrale termoelectrice contemporane, este caracterizată în special de ridicarea necontenită a parametrilor iniţiali ai aburului cu scopul ridicării indicilor tehnico-economici ai ciclului. Aceasta este calea de la aburul saturat de 4—8 ata din secolele XVIII—XIX, la 12 ata şi 325°C înaintea primului război mondial, la 35 ata după primul război, la peste 100 ata şi 500°C în anii 1930—1940 şi pînă la parametrii supraînalţi care se folosesc pe scară industrială astăzi.

In Uniunea Sovietică aplicarea aburului de înaltă presiune în energetică datează încă din al treilea deceniu cînd a fost construită centrala termoelectrică nr. 8 din sistemul Mosenergo*), care funcţiona cu abur de 60—65 ata. In 1931 în Ural a fost dată în exploatare o centrală termoelectrică cu parametrii iniţiali ai ciclului 60 ata şi 450°C, iar în 1934 la centrala nr. 9 Mosenergo se utilizează deja abur de 130 ata şi 470°C. Aici funcţionează primul cazan de tipul Ramzin de 140 ata construit de industria sovietică după construcţia elaborată de prof. Ramzin. In 1939 intră în funcţiune o centrală cu abur de 140 ata şi 500°C cu cazane de acelaşi tip, tot utilajul fiind construit în Uniunea Sovietică.

In acelaşi timp, termotehnicienii sovietici fac intense cercetări asupra proprietăţilor aburului de înaltă presiune şi a posibilităţilor de folosire a lui în energetică. Se studiază avantajele aplicării aburului de parametrii înalţi, supraînalţi şi supracritici (pînă la 300 ata şi 600°C). Dintre lucrările acestei perioade menţionăm pe cele ale lui Rumianţev (Institutul Termotehnic Unional, VTI) datînd din 1933. El a comparat o serie de variante: 29—55—100—120—180 ata cu temperaturile iniţiale de la 425°C la 540°C pentru centrale de termoficare. Rumianţev a ajuns la concluzia că dintre ciclurile comparate cel mai economic este ciclul cu parametrii iniţiali 180 ata şi 540°C. El a indicat de asemenea factorii principali care influenţează indicii economici ai centralei de termoficare: modul de preparare a apei de adaos, tipul turbinei şi sistemul de supraîncălzire intermediară a aburului. In lucrările sale însă, Rumianţev a scos în evidenţă în special influenţa presiunii iniţiale asupra indicilor economici ai centralei. Din aceeaşi perioadă datează cercetările lui Racov (VTI). Racov a studiat presiunile critice şi supracritice: 220 ata şi 600°C cu şi fără supraîncălzire intermediară şi 300 ata şi 600°C.

Toate cercetările au arătat oportunitatea economică a ridicării presiunii peste 100 ata rdicînd în acelaşi timp şi temperatura. In urma tuturor cercetărilor făcute în această perioadă s-a hotărît să se treacă de la parametrii mijlocii 29 ata şi 400°C la parametrii înalţi 90 ata (la cazan 110) şi 500°C (sau 480°C). Prin această trecere se realiza o economie de combustibil de circa 13—14%. Aceşti parametri corespundeau nivelului de dezvoltare atins de industria constructoare de maşini din U.R.S.S. înaintea celui de al doilea război mondial şi reprezentau un progres în termotehnica mondială.

Cercetările au continuat în domeniul presiunilor supraînalte, pentru a se determina treapta următoare de ridicare a parametrilor aburului. In 1943 în Institutul Energetic „V. M. Molotov" din Moscova se studiau diferite variante de cicluri înaintaşe de presiune supraînaltă pentru modernizarea centralelor termoelectrice cu parametrii mijlocii.

Imediat după război, problema alegerii treptei următoare de ridicare a parametrilor iniţiali ai aburului a devenit obiectul de studiu al cîtorva organizaţii — Institutul Unional de termotehnică (VTI), Termoelectroproiect (TEP) şi Institutul Central de Cazane şi Turbine (ŢKTI).

In lucrările VTI, executate în 1946—1947 sau studiat o serie de variante indicate în tabela 1. Comparaţia între aceste variante s-a făcut fără a se ţine seama de consumul de metal în instalaţiile respective, ci numai din punctul de vedere al economiei ciclurilor.

Concluziile VTI au fost principal următoarele:

1. La o temperatură iniţială de 600°C ciclul cel mai potrivit este cel cu presiunea iniţială

*) Sistemul energetic al regiunii Moscova

20 ata (8) cu o supraîncălzire intermediară a aburului. Variantele cu 2 și 3 supraîncălziri intermediare sînt mai economice, dar complică într-atît instalațiile, încît avantajele lor dispar.

2 Supraîncălzirea intermediară cu abur este mai puțin economică decît cea cu gaze de ardere (în cazan), în toate cazurile (afară de cazul cînd este vorba de instalarea unui ciclu înaintaș). Pierderile de presiune în cazul supraîncălzirii cu gaze sînt compensate prin temperatura mai ridicată. In cazul instalării ciclului înaintaș, supraîncălzirea intermediară cu abur este mai simplă constructiv decît cea cu gaze și afară de aceasta este mai economică cu aproximativ 1%.

Observăm că la o temperatură inițială de 550°C ciclul cu presiunea inițială 250 ata este mai economic decît cel cu 170 ata numai cu 1,65% Pentru cicluri înaintașe compararea variantelor 250 ata/550°C și 170 ata/550°C arată însă un avantaj de 3,8% în favoarea primului.

Cercetări mai detaliate au fost făcute în TKTI.

Ridicarea temperaturii inițiale a aburului duce totdeauna la ridicarea randamentului ciclului. De aceea în lucrările TKTI s-au studiat variante care se deosebeau numai prin presiunea inițială. Temperatura inițială a fost luată aceeași pentru toate variantele și egală cu 550°C, aceasta fiind mărimea realizabilă în condițiile celui de-al cincilea cincinal. Scopul cercetărilor era alegerea presiunii inițiale optime. Compararea variantelor s-a făcut pe baza unor calcule tehnico-economice pe sala de turbine și pe cea de cazane.

Tabela 1

			Cicluri înaintașe t_0 = 550°C			Cicluri complete						
						Supraîncălzire intermediară cu gaze						
		t_0 = 500°C	Supraîncălzire intermediară cu abur	Supraîncălzire intermediară cu gaze de ardere		t_1 = 550°C		t_0 = 600°C				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Presiunea inițială	ata	90	250	250	170	170	250	170	250	250	250	250
Numărul supraîncălzirilor intermediare		—	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3
Presiunea după supraîncălzire intermediară	ata	—	29	29	29	29	29	29	29	90 29	29 6,3	90 29 6,3
Temperatura de supraîncălzire intermediară	°C	—	400	400	400	550	550	600	600	600 600	600 600	600 600 600
Numărul prizelor regenerative		4	6	6	5	5	6	5	6	6	6	6
Entalpia apei de alimentare	kcal/kg	237	328	328	285	285	328	285	332	333	332	337
Consumul specific de căldură	kcal/kWh	2 229	2 057	2 077	2 130	1 991	1 958	1 959	1 919	1 889	1 884	1 860
Diferența față de varianta 1		—	−7,71	−6,81	−4,44	−10,69	−12,15	−12,11	−13,9	—	—	—
Idem față de varianta 8		+16,2		+7,2	+11	+3,75	+2	+2,1	0	−1,6	−1,8	−3,1

Ridicarea presiunii inițiale duce la creșterea consumului specific de căldură, dar în același timp la creșterea randamentului termic al sălii de mașini. Pentru fiecare temperatură inițială există o presiune inițială optimă, la care consumul specific de căldură este minim. Cu cît temperatura inițială este mai ridicată, cu atît este mai mare presiunea inițială optimă.

Intrucît mărimea presiunii optime crește o dată cu mărirea agregatelor, toate calculele comparabile s-au făcut pentru o centrală cu condensație pură cu agregate de cîte 100 MW. Blocul dintr-o turbină de 100MW și două cazane era considerat atunci ca cel mai potrivit pentru viitoarele centrale de înaltă presiune.

S-au cercetat variantele de bază indicate în tabela 2.

In prima parte a lucrării se studiază randamentul termic al sălii de mașini pentru diferiți parametri. Ca bază de comparație se ia ciclul 90 ata și 500°C. Pentru a se scoate în evidență influența preîncălzirii regenerative asupra randamentului, se iau diferite temperaturi ale apei de alimentare la aceeiași parametri inițiali.

Pentru calculul economiei termice a ciclurilor s-a ales cea mai simplă schemă termică — cu

preîncălzitori cu amestec şi cu pompe de drenaj după fiecare treaptă de preîncălzire. Folosirea preîncălzitorilor de suprafaţă la o presiune a

Tabela 2

Nr. crt.	Presiunea iniţială ata	Temperatura iniţiala °C	Temperatura apei de limentare °C	Observaţii
1	120	550	260	fără supraîncălzire intermediară . . . . .
2	170	550	260	idem . . . . .
3	170	550	260	cu supraîncălzire intermediară
4	250	550	260	idem . . . . .
5	250	550	300	idem . . . . .

apei de alimetare de 200—300 ata ar duce la o îngreunare şi complicare excesivă a acestor preîncălzitori. In acelaşi timp, schema cu preîncălzitori prin amestec este şi cea mai economică.

Consumul de energie la pompele de drenaj s-a scăzut din energia produsă de generator, ţinîndu-se seama totodată, că o parte din această energie se transmite înapoi apei sub formă de căldură în timpul pompării. Temperatura finală a apei de alimentre ţine seama şi de căldura primită de apă în pompa de alimentare. In balanţa termică a centralei s-a ţinut seama de asemenea şi de energia consumată de pompa de răcire a condensatorului.

Incălzirea condensatului principal în răcitorul ejectorului s-a considerat egală cu 3 kcal/kg de condensat.

Randamentul termic al ciclului s-a determinat ţinîndu-se seama de consumul de energie la pompele de drenaj şi de răcire, de pierderile prin radiaţie ale preîncălzitorilor regenerativi, de pierderile mecanice ale turbinei şi de pierderile electrice ale generatorului.

In formă prescurtată formula randamentului a fost :

$$\eta_t = \frac{(q_1 + q_2 - q_3 - q_4 - q_5)\,\eta_m \eta_g - \Delta AL_{pc}}{q_1 + q_2}$$

unde :

q_1 este căldura primită de agentul motor în cazan, ţinînd seama şi de preîncălzirea regenerativă; kcal/kg

q_2 — căldura primită în supraîncălzitorul intermediar; kcal/kg

q_3 — căldura pierdută în condensator; kcal/kg

q_4 — energia consumată de pompele de drenaj şi de alimentare; kcal/kg

q_5 — pierderile prin radiaţie ale preîncălzitorilor; kcal/kg

ΔAL_{pc} — energia consumată de pompa de circulaţie. kcal/kg

Rezultatele obţinute sînt date în tabela 3. Din această tabelă se pot trage următoarele cocluzii :

Tabela 3

	Unitatea de măsură	1	2	3	4	5	6	7	8
Presiunea iniţială	ata	90	120	170	170	170	250	250	250
Temperatura iniţială . . .	°C	500	550	550	550	550	550	550	550
Temperatura de supraîncălzire intermediară .	°C	—	—	—	550	550	550	550	550
Presiunea în condensator	ata	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Temperatura apei de alimentare	°C	215	260	260	241,8	260	244,7	260	300
Numărul prizelor de preîncălzire	—	5	6	6	5	6	5	6	7
Randament termic η_t . .	%	37,93	40,15	40,89	42,56	42,74	42,96	43,16	43,48
Debit de abur	t/h	371,8	366,4	363,3	288,5	298,1	282,4	290,0	314,3
$\Delta\eta_t$	%	—	5,53	7,25	10,9	11,25	11,72	12,12	12,77

1. In comparație cu ciclul 90 ata/500°C ciclul 120 ata 550°C dă o economie de 5,5%. Mărirea mai departe a presiunii pînă la 170 ata fără introducerea supraîncălzirii intermediare dă o creștere neesențială a economiei (aproximativ 1,7% față de ciclul 120 ata/550°C).

2. Introducerea supraîncălzirii intermediare aduce o însemnată creștere a randamentului ciclului 170 ata/550°C. Creșterea mai departe a presiunii pînă la 250 ata la aceeași temperatură inițială are un efect neînsemnat — o mărire a randamentului de numai 0,85% față de ciclul 170 ata/550°C.

3. Diferența relativ mică dintre randamentele ciclurilor din variantele 4, 5, 6, 7, 8, arată că este necesară cercetarea mai departe a economiei instalațiilor cu acești parametri, ținînd seama și de randamentul sălii de cazane și de investițiile de metal.

Pentru efectuarea acestui studiu în TKTI au fost alese două grupe de variante:

A. I. 267 ata; 557°C; cu t_{aa} = 260°C și t_{aa} = 300°C;
II. 180 ata; 557°C; cu t_{aa} = 260°C

Compararea acestor două variante trebuie să clarifice dacă este indicat să se treacă la prsiuni supracritice, precum și influența temperaturii apei de alimentare asupra costului cazanului.

Totodată s-au comparat variantele:

B. I. 180 ata; 557°C; t_{aa} = 260°C cu supraîncălzire intermediară
II. 185 ata; 557°C; t_{aa} = 260°C fără supraîncălzire intermediară
II. 130 ata; 557°C; t_{aa} = 260°C fără supraîncălzire intermediară.

Compararea complexă a tuturor acestor variante trebuie să dea, în primă aproximare, răspunsul la întrebarea — care din cele trei grupe de parametrii inițiali ai aburului sînt optimi în cazul turbinei de 100 MW.

Se consideră că fiecare turbină funcționează cu două cazane identice ca debit. Toate cazanele sînt de tipul Ramzin (fără tamburi).

Pentru compararea diferitelor variante se pot folosi două metode:

a) Se compară cazane de *greutate egală*. In acest caz metalul care s-ar putea economisi în cazanul de presiune mai scăzută se transformă în oțel obișnuit și se introduce ca o suprafață de încălzire suplimentară (în economizor sau preîncălzitor de aer), mărind astfel randamentul cazanului. In acest caz criteriul determinant este în primul rînd *consumul de combustibil* și într-o oarecare măsură diferența în consumul de metal la elementele auxiliare din centrală (conducte de abur, sistemul de preîncălzire regenerativă etc.).

Această metodă este destul de grea, deoarece aducerea diferitelor cazane la aceeași greutate nu este un lucru simplu.

b) Se compară centrale *cu același randament*, sau ceea ce este același lucru, centrale *cu același consum de combustibil*. In acest caz, pentru ca randamentul ciclului cu parametrii mai scăzuți să fie ridicat la cel al ciclului cu parametrii mai înalți, este necesară o investiție suplimentară de metal în ultimele suprafețe ale cazanului de presiune mai mică.

Criteriul determinant este în primul rînd consumul de metal la agregatul de cazan, precum și diferența în consumul de metal la elementele auxiliare ale centralei.

Această metodă este relativ mai simplă și dă rezultate evidente. O lipsă a ei este poate aceea, că nu permite cercetarea variației consumului de metal în limite largi. La variații în limite largi ale parametrilor inițiali, consumul de metal în diferite variante și deci și temperatura gazelor la coș se vor deosebi foarte mult și la urma urmelor, se vor obține cazane al căror profil se poate deosebi foarte mult de profilele raționale ale cazanelor. In cazul de față nu apare însă această situație, deoarece variantele alese pentru comparație nu se deosebesc prea mult unele de altele.

După TEP metoda folosită de ȚKTI ar mai avea și neajunsurile următoare:

1. Ea dă numai variațiile relative ale consumului de metal la diferiți parametri și nu ține seamă de conomia de combustibil care se poate obține prin diferite investiții de metal în agregat.

2. Din metoda de determinare a consumului de metal după ȚKTI se poate trage concluzia că pentru a ridica economia centralei este indicat, în primul rînd, să se scadă temperatura gazelor la coș și numai după aceea să se ridice parametrii inițiali.

Trebuie însă arătat că în concluziile sale TKTI ține seamă, alături de consumul de metal și de economia de combustibil care se poate obține într-o variantă sau alta, chiar dacă din metoda de comparare această economie nu reiese în mod evident. Afară de aceasta, nu se poate spune că metoda TKTI diminuează rolul măririi parametrilor inițiali, deoarece micșorarea temperaturii gazelor la coș în diferitele variante nu se face ca o măsură principală pentru ridicarea economiei centralelor, ci numai pentru a egala economia a două centrale cu parametrii inițiali dați.

In orice caz, chiar dacă metoda TKTI ar suferi într-o măsură oarecare de aceste lipsuri, ele nu pot avea o influență hotărîtoare asupra concluziilor, în schimb, simplitatea metodei și claritatea rezultatelor pe care ea le dă, o fac foarte comodă în aplicarea practică.

In conformitate cu metoda adoptată, s-a determinat randamentul cazanelor în diferite variante pe baza consumului de combustibil și a cantității de căldură livrată de cazane. Pe baza randamentului s-a determinat temperatura gazelor la coș. Temperatura gazelor la intrare în ultimele suprafețe ale cazanului se

alege din compararea cîtorva variante. In funcție de această temperatură se alege metalul pentru supraîncălzitorul de abur cu convecție. In general, problemei alegerii metalului i se acordă cea mai mare atenție. Pentru alegerea sortului de oțel s-a determinat temperatura peretelui țevii după formula :

$$t_p = t_{calc} + \frac{Q_{max}}{\alpha_2} + \frac{Q_{max}\,\delta}{\lambda}, \ ^\circ C$$

unde :

t_{calc} este temperatura de calcul a mediului interior (aburul supraîncălzit); ea se alege ținîd seama de neuniformitatea posibilă a încălzirii în diferitele țevi ale supraîncălzitorilor, care se presupune egală cu maximum 20% din creșterea temperaturii în zona dată ;

Q_{max} — fluxul termic maxim al suprafeții de încălzire respective, pentru suprafețele de radiație s-a determinat separat pe fiecare zonă din focar, pentru suprafețele de convecție s-a luat egal cu dublul produsului coeficientului de transmisie a căldurii cu diferența de temperatură ;

α_2 — coeficientul de transmisie a căldurii prin convecție de la suprafața interioară a țevilor la abur ;

$\frac{\delta}{\lambda}$ — „rezistența termică" a peretelui țevii.

Pe baza temperaturilor astfel stabilite se calculează rezistențele admisibile ale diferitelor oțeluri care se presupun a fi aplicate. După aceea se determină grosimea peretelui țevii pentru diferite oțeluri, greutatea 1 m liniar de țeavă în difrite cazuri și se alege varianta optimă. Pentru aceasta, toate oțelurile se transformă în oțel carbon simplu, pe baza coeficienților de cost din tabela 4 și se alege , de regulă,

Tabela 4

Sortul oțelului	C	Mo	Cr—Mo—Si	Cr—Ni austenit
Costul relativ	1	1,4	3,15	11,0

varianta cea mai ieftină. Totuși, uneori a fost necesar să se adopte chiar o soluție mai scumpă din cauza îngroșării peste măsură a peretelui în cazul cînd se folosesc oțeluri mai ieftine.

Consumul de metal pentru conductele de abur de înaltă presiune s-a luat identic în toate variantele. In acest caz au variat pierderile de presiune în conducte. Aceasta s-a făcut pentru a se exclude conductele din calcul.

In ce privește conductele de apă de alimentare, pentru ele s-au determinat numai raporturile greutăților conductelor în diferite variante, luîndu-se ca bază consumul identic de energie pentru învingerea rezistențelor conductelor.

Consumul de metal pentru preîncălzitorii regenerativi s-a determinat aproximativ după metoda VTI pentru preîncălzitorii regenerativi din instalațiile de 100 ata.

Consumul de metal pentru căptușeala și carcasa cazanului a ieșit aproape constant pentru toate variantele.

In urma calculelor executate după metoda expusă, au fost obținute datele de consum de metal la o economie identică pe centrală, redate în tone de oțel carbon simplu în tabelele 5 a și 5 b.

Tabela 5 a

Variantele A	267 ata 557 °C 300 °C cu supraîncălzire intermediară	267 ata 557 °C 260 °C cu supraîncălzire intermediară	180 ata 557 °C 260 °C cu supraîncălzire intermediară
Greutatea cazanului t oțel C	610,3	564,3	491,1

Tabela 5 b

Variantele B	180 ata 557°C 260°C cu supraîncălzire intermediară	185 ata 557°C 260°C fără supraîncălzire intermediară	130 ata 557°C 260°C fără supraîncălzire intermediară
Greutatea cazanului t oțel C	427,8	496,3	451,4

Astfel din variantele studiate, rezultă că cel mai avantajos este ciclul cu parametrii inițiali 170 ata și 550°C cu supraîncălzire intermediară.

ȚKTI trage următoarele concluzii finale :

A. Ridicarea presiunii inițiale pînă la 170—180 ata la o temperatură de supraîncălzire de 550°C este indiscutabil avantajoasă în comparație cu ciclul cu presiunea inițială de 120 ata, deoarece pe lîngă o importantă economie de combustibil (care la un gup de 100 MW atinge aproximativ 8 500 t combustibil convențional pe an), conduce la o importantă reducere a investițiilor.

B. Ridicarea mai departe a presiunii pînă la valori supracritice (de ordinul 250 ata), la această temperatură de 550°C este nerațională deoarece la un consum egal de combustibil

duce la investiții mai mari decît ciclul cu 170 ata (la un grup de 100 MW diferența este de circa 146 t oțel), iar la un consum egal de metal duce la depășiri importante ale consumului de combustibil.

C. Aplicarea supraîncălzirii intermediare în ciclul cu presiunea inițială de circa 170—180 ata este necesară nu numai din punct de vedere tehnic ci și economic (reducerea investițiilor cu circa 137 t oțel la un grup de 100 MW, adică cu circa 14%, sau la investiții egale o economie de combustibil de circa 7 000 t combustibil convențional pe an adică circa 3,4%).

Ciclul 170 ata/550°C la grupuri de 100 MW dă o economie de combustibil în comparație cu ciclul 100 ata/500°C de circa 10—11%.

* * *

Pe baza studiilor făcute de cercetătorii sovietici în U.R.S.S. s-au și construit instalațiile energetice pentru funcționarea cu abur de parametrii: 170/550°C. La sfîrșitul anului 1953 a fost pusă în funcție la Cerepet (Bazinul Moscovei) o mare centrală termoelectrică înzestrată cu turbine de 150 MW fiecare, funcționînd cu abur de 170 ata și 550°C și cu supraîncălzire intermediară pînă la 520°C. Pînă în prezent au fost puse în funcție două grupuri și se continuă extinderea centralei pînă la 600 MW. Fiecare bloc este format dintr-o turbină și două cazane, la două blocuri este prevăzut un cazan de rezervă. Cazanele de tipul TP—240—1 au un debit de 240 t/h fiecare și funcționează cu cărbune din bazinul Moscovei cu o putere calorifică inferioară de 1 800—2 600 kcal/kg. Experiența exploatării de aproape doi ani a acestei centrale a confirmat concluziile studiilor anterioare și permite să se treacă la introducerea largă a aburului de parametrii supraînalți în energetică.

Bibliografie

[1] * * *: Lucrări ale TKTI, VTI, TEP.

[2] *Rakov K. A.*: Aburul de înaltă presiune, EES, Moscova Leningrad, 1940.

[3] *Nemov A. P.* și *Ostrovschi I. M.*: Unele rezultate ale pornirii și însușirii în exploatare a agregatelor de cazane cu abur de parametri supraînalți, Revista Teploenerghetica, nr. 9/1955.

[4] *Loghinov F. G.*: Dezvoltarea energeticii sovietice și sarcinile construcției energetice în 1955, Revista Electricestvo, nr. 7/1955.

[7] *Rubinstein I. M.*: Unele probleme ale schemei termice a centralelor electrice de înaltă presiune, Culegerea de articole „Aburul de înaltă presiune în energetică" E.E.S., Moscova-Leningrad, 1950.

★

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В С.С.С.Р. ПО ВЫБОРУ НАИЛУЧШИХ ПАРАМЕТРОВ ПАРА ЧИСТО КОНДЕНСАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Резюме

В статье дается краткое описание и результаты технико-экономических исследований по выбору оптимальных сверхвысоких параметров пара, проведенных в Советском Союзе до 1948—1949 гг. Целью статьи является ознакомление теплоэнергетиков Румынской Народной Республики с достижениями советских специалистов в этой области.

Aspecte noi în problema depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor aeriene *)

Ing. GLEB DRĂGAN

Articolul se referă la o serie de aspecte noi ale problemei depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor aeriene în legătură cu influența unor parametrii ca: direcția vîntului față de conductorii liniei, înălțimea de montare a conductorilor, apropierea de păduri, influența diametrului conductorilor. In articol se dau de asemenea date privind depunerile de chiciură din țara noastră din ultimii doi ani și se analizează unele prevederi ale prescripțiilor sub aspectul acestor depuneri.

1. Considerații generale

Depunerile de sarcini adiționale (pe care le vom numi cu termenul generic de chiciură) reprezintă unul dintre factori de bază, care determină proiectarea construcția și exploatarea liniilor electrice aeriene.

Din punct de vedere al proiectării și construcției liniilor aeriene se pune problema determinării unor ipoteze cît mai juste privind intensitatea de calcul a depunerilor de chiciură. Paralel cu precizarea intensității de calcul a depunerilor de chiciură, interesează o serie de parametri cum ar fi, temperatura de producere a acestor depuneri, densitatea depunerilor, variația intensității în funcție de diametrul conductorilor, influența vîntului, etc. Din punct de vedere al exploatării se cunosc avariile relativ dese și uneori deosebit de grave produse de chiciură [1—15]

Stabilirea unor ipoteze de calcul cît mai raționale privind intensitatea de calcul a depunerilor de chiciură întîmpină dificultăți. Condițiile fizico-meteorologice privind depunerile de chiciură sînt deosebit de complexe, iar încercările efectuate pentru stabilirea unor legi în legătură cu intensitatea sau fracvența depunerilor n-au fost încununate de succes. De asemenea nu s-a precizat influența caracteristicilor liniei sau a condițiilor locale asupra intensității depunerilor. In acest mod se explică de altfel și varietatea mare a relațiilor de calcul pentru determinarea suprasarcinii produse de chiciură, indicate în prescripțiile pentru construcția liniilor aeriene, din diferite țări. Din aceste considerațiuni se impune efectuarea a o serie de încercări experimentale precum și culegerea a cît mai multor date statistice privind intensitatea, frecvența și natura depunerilor. O serie de cercetări efectuate în ultimul timp au adus precizări interesante și utile.

Problema depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor electrice din țara noastră prezintă un interes deosebit, atît din cauza că datele existente sînt prea puține pentru stabilirea unor criterii de proiectare cît mai rațională cît și din cauza că în ultimii ani intensitatea deosebită a depunerilor de chiciură a provocat avarii grave.

In cadrul articolului de față se vor analiza o serie de aspecte noi relativ la intensitatea și natura depunerilor de chiciură, precum și unele probleme legate de condițiile din țara noastră.

2. Analiza depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor aeriene, ce au avut loc în țara noastră în ultimii ani.

In anii 1953 și 1955, în deosebi în sud-estul țării, au avut loc depuneri de chiciură de o intensitatea deosebită. Se va insista în cele ce urmează în analiza acestor depuneri, ele fiind deosebit de caracteristice pentru condițiile din țara noastră. Pe de altă parte aceste depuneri permit să se verifice condițiile de calcul stabilite prin noile prescripții de construcție a liniilor aeriene, elaborate în anul 1952.

In zilele de 15—17 februarie 1953 în sudul țării noastre, în deosebi în regiunea București, și izolat în Ardeal și Moldova, au avut loc depuneri deosebit de intense de polei, urmate de zăpadă moale și în unele locuri de chiciură.

Condițiile fizico-meteorologice care au dus la formarea depunerilor, au fost următoarele:

In zilele de 12 și 13 februarie, regiunile noastre au fost invadate de aer maritim cald și umed, solul fiind acoperit cu zăpadă; aerul din păturile inferioare s-a răcit și s-au produs condensări sub formă de ceață, fenomen care a continuat și în altitudine. Datorită acestui fapt au avut loc precipitații sub forma de burniță, ploaie, lapoviță, iar în regiuni de altitudine mai mare (munte), ninsoare.

In ziua de 14 februarie, aerul continental polar rece, din regiunea de nord-est și est al continentului, s-a întins spre Europa centrală, cuprinzînd și regiunile noastre. Prin pătrunderea aerului rece, aerul cald a fost ridicat la altitudinii mai mari (fig. 1) iar temperatura aerului a scăzut, devenind cu puțin sub zero. Totodată s-a intensificat vîntul, care a suflat din sectorul nord-estic.

Condensările din zona de interacțiune a celor două pături de aer, ca și din masa de aer cald de deasupra, au dat naștere la precipitațiuni sub formă de ploaie în vest și sud și

*) Extras din lucrarea „Depunerile de chiciură pe conductorii liniilor electrice aeriene" prezentată la sesiunea științifică a Institutului Politehnic București din noembrie 1954. Lucrarea a fost completată cu considerații privind depunerile de chiciură din anul 1955.

sub formă de zăpadă, în restul țării. In sudul țării temperatura aerului și solului fiind negativă, picăturile ploii s-au răcit și suprarăcit,

Fig. 1

iar în contact cu obiectele reci, cum ar fi de exemplu conductorii liniilor aeriene, s-au solidificat, dînd naștere la polei (densitatea aproape 0,9).

In noaptea de 15 spre 16 februarie, la înălțime, a devenit activ aerul cald, reducînd pătura de aer rece. Condensările la înălțime au dat naștere la lapoviță și ploaie în regiuni din vestul și sudul țării și la zăpadă în restul țării. Analog situației menționate mai sus, ploaia s-a transformat, în regiunile, sudice în polei.

Deoarece în cursul zilei de 16 februarie, aerul rece a devenit din nou activ, s-a produs răcirea în altitudine a aerului, iar în regiunile de sud a țării s-au transformat în lapoviță și zăpadă moale. Zăpada moale s-a depus peste poleiul depus anterior. Temperatura scăzînd, pe ziua de 17 februarie au avut loc precipitații sub formă de zăpadă. Din cele de mai sus rezultă că poleiul și zăpada moale ce s-au format în regiunile sudice ale țării noastre se datoresc pătrunderii aerului rece sub masa de aer cald. Această inversiune a stațiunilor de aer cald și rece este dealtfel caracteristică producerilor depunerilor la chiciură polei, zăpadă moale pentru anumite regiuni [7]. In cazul depunerilor din 15—17 februarie durata mare ca și intensitatea neobișnuită a depunerilor se datorește și caracterului oscilator al frontului, prin înaintarea alternativă a celor două fronturi. A contribuit de asemenea și intensitatea deosebită a vîntului care în regiunile sudice ale țării a avut viteza între 8 și 15 m/s, viteza maximă atingînd și 20 m/s.

Temperaturile aerului la 2 m de sol au fost cuprinse între 1°C și —4°C.

Depunerile cele mai mari au avut loc în Bărăgan, în deosebi, în regiunea cuprinsă între București, Urziceni, Lehliu (la 60—70 km est de București) și Budești (la circa 40 km de București în direcția sud-est). De asemenea depuneri relativ mari au fost și în bazinul Jiului (Segarcea, Strehaia).

Desprinderea poleiului a avut loc în zilele de 19—20 februarie, din cauza căldurii.

Avarii deosebit de grave au suferit liniile de joasă tensiune și de 15 kV în deosebi cele orientate perpendicular pe direcția vîntului. La multe linii s-au constatat pe lîngă ruperi frecvente de conductori, ruperi de stîlpi sau smulgerea lor din pămînt, îndoirea suporților curbi, smulgerea conductorilor din elementele de înădire, etc. Liniile de 15 kV cu conductori din aluminiu au fost, practic, complet distruse.

Ruperi de conductori s-au constatat de asemenea la liniile de 60 kV și de 110 kV. In cazul liniilor de 60 kV au avut loc ruperi de conductori în total în 5 puncte, din care un conductor de protecție. Două din ruperile de conductori la liniile de 60 kV au avut loc în urma atingerii a doi conductori situați în același plan, prin balansarea lor nesincronă. Liniile fiind prevăzute cu cleme cu declanșare automată, care au funcționat, avariile au avut un caracter limitat.

La o linie de 110 kV a avut loc ruperea unui conductor în dreptul unei cleme de înădire precum și spargerea a doi izolatori, tip Motor.

Din cauza avariilor grave unele întreruperi au durat peste 6 zile. Energia pierdută numai datorită avariilor în rețelele din regiunea București a depășit 200 000 kWh.

In ceea ce privește liniile de telecomunicație ele au fost complet distruse.

In perioada 1—3 ianuarie 1955 au avut mult de suferit de pe urma depunerilor de zăpadă moale, aderentă pe conductori, liniile electrice din regiunea Tîrgoviște — Cîmpina. Condițiile în care s-au produs aceste precipitațiuni sînt următoarele :

In ultimele zile ale lunii decembrie 1954 țara noastră a fost invadată de aerul oceanic, umed și bogat în vapori de apă. Intre 1 și 3 ianuarie 1955 peste regiunile din răsăritul și sudul țării sa stabilit o circulație de aer, sub influența unei zone de presiune în regiunea munților Urali și a zonei de depresiune din bazinul mării mediteraniene. Prin înlocuirea aerului oceanic de către masele de aer rece, precipitațiile care la început erau sub formă de ploaie și lapoviță se transformă, în regiunile din răsăritul și sudul țării, în ninsoare abundentă. Umiditatea mare a aerului, iar temperatura relativ ridicată (de la +2° la—3°C) a permis, în deosebi în regiunile din nordul Munteniei, ca formarea fulgilor de zăpadă să se facă lent, favorizîndu-se totodată aderarea lor de conductori liniilor aeriene. Temperatura aerului scăzînd simțitor, a fost favorizată prinderea, prin înghețare, a zăpezii de conductorii liniillor aeriene. Viteza vîntului a atins aproape 20 m/s la Titu ceea ce a contribuit în mare măsură la avarierea liniilor. In regiunea Tîrgoviște viteza vîntului a fost de 12,3 m/s.

In regiunea Tîrgoviște diametrul zăpezii moale de pe conductorii liniilor aeriene a atins 20 cm ; în mod obișnuit pe liniile de medie tensiune, diametrul depunerilor a fost pînă la 10 cm. Temperaturile au variat : în ziua de 1 ianuarie, între —1,8°C și +1,2°C, în ziua de 2 ianuarie între—1,4°C și +1,4°C, iar în ziua de 3 ianuarie —3,2°C și 0,8C°.

In regiunea Cîmpina diametrul depunerilor a fost de 10—18 cm în cazul liniilor de 25 și 60 kV, ajungînd la un diametru de 15

cm în cazul liniilor de 15 kV. Pe liniile de telecomunicații diametrul depunerilor a fost de maximum 7 cm. Temperatura n-a diferit cu mult față de cea din regiunea Tîrgoviște.

In urma depunerilor ca și din cauza vîntului destul de intens au avut de suferit atît liniile de medie tensiune, cît și cele de înaltă tensiune (inclusiv liniile de 110 kV). Avarii mai grave au fost constatate la liniile situate perpendicular pe direcția vîntului.

Rezumînd avariile suferite de liniile de înaltă tensiune din regiunea Tîrgoviște și Cîmpina, se constată :

— ruperi de conductori — în peste 110 locuri ;
— izolatori smulși sau deteriorați — circa 300 buc ;
— suporți de izolatori deformați — circa 300 buc ;
stîlpi smulși sau rupți — 14 buc. ;

Paralel cu aceasta a fost avariat echipamentul electric din stațiile de transformare, în urma scurtcircuitelor provocate prin ruperea conductorilor. Energia electrică nelivrată a depășit 800.000 kWh.

Intre 1 și 4 februarie, au avut loc depuneri de chiciură pe conductorii liniilor din Moldova și Muntenia, provocînd avarierea lor. Producerea chiciurei a fost favorizată de izolarea aerului cald mediteranian, în țara noastră datorită vastei zone de depresiune situată în nord-vestul Europei. Umiditatea mare a aerului din sudul Moldovei și din Cîmpia Dunării, vîntul în general slab și temperatura care a oscilat între —1°C și 5°C au creat condițiile de formare a depunerilor de chiciură.

Din cele de mai sus rezultă că în ultimii doi ani au avut loc depuneri de chiciură deosebit de intense, care au dus de cele mai multe ori la avarii grave ale liniilor de energie electrică. Paralel cu aceasta au avut mult de suferit liniile de telecomunicații, transportul pe cale ferată etc. In această perioadă de 2 ani au mai avut loc depuneri de chiciură, de mai mică intensitate, urmate de avarii cu caracter local. Depunerile din regiunea a doua de chiciură au fost mult mai puțin intense.

3. Factorii care influențează natura și intensitatea depunerilor de chiciură

Intensitatea și natura depunerilor de chiciură depind de o serie de factori, influența cărora este variată, astfel încît fenomenul în totalitatea lui este destul de complex. Dacă nu se poate stabili o interpedență dintre diferiți factori, este util a se stabili influența fiecărui factor în parte pentru a se putea trage o serie de concluzii importante relativ la stabilirea condițiilor de calcul ale liniilor aeriene.

In cadrul unui articol publicat în revista Electricitatea [12] s-a făcut o analiză a influenței : temperaturii, stării hidrometrice, altitudinii, diametrului și materialului conductorilor, etc. asupra intensității și naturii depunerilor de chiciură. Ținînd seama de faptul că în ultimul timp au avut loc în țara noastră depuneri relativ dese precum și de importanța unor factori pentru determinarea intensității de calcul a depunerilor, este necesar să se insiste asupra unor aspecte noi ale acestei probleme.

a) Vîntul. Intensitatea depunerilor depinde direct de viteza vîntului. Pe de altă parte vîntul dă naștere la eforturi suplimentare în liniile aeriene, contribuind la avarierea lor.

După V. Burgsdorf [7] viteza vîntului poate crește peste 10—15 m/s la formarea chiciurii și 15—20 m/s în cazul formării poleiului. Aceste date nu se pot generaliza și pentru regiunile din țara noastră, fiind necesar a se ține seama de specificul local. Pentru concretizarea celor menționate mai sus relativ la frecvența vînturilor în tabela 1 se dau, după N. S. Muretov [16] datele extrase de la 16 stațiuni de observații.

Tabela 1

Nr. crt.	Denumirea depunerilor	Numărul total al cazurilor observate	Dintre care cu viteza maximă a vîntului de m/s						
			20	18-20	15-17	12-14	9-11	6-8	sub 6
1	Polei și formațiuni mixte. . .	767	11	10	16	55	73	214	388
2	Chiciură . .	403	2	2	12	26	44	99	218

Analizînd datele din tabelă rezultă clar că vînturile sînt mai intense în cazul poleiului ca în cazul chiciurii și că probabilitatea producerii vînturilor avînd o mare viteză este mică. Se înregistrează cazuri cînd viteza vîntului a depășit 20 m/s în deosebi în regiunea R. S. S. Moldovenești, deci în imediata apropiere a țării noastre, astfel încît constatarea vînturilor intense în cazul depunerilor de chiciură din Moldova sau Bărăgan nu reprezintă un caz izolat.

Tot în cadrul acestei probleme interesează influența direcției vîntului față de orientarea liniei.

Observațiile efectuate pe liniile electrice în exploatare duc la concluzia categorică că cele mai mari depuneri de polei au loc în cazul cînd direcția vîntului este perpendiculară pe direcția liniei. Acest fapt, menționat în majoritatea lucrărilor de specialitate, prezintă importanță deoarece în acest caz nu numai că intensitatea chiciurii depuse este maximă dar intervin și solicitările produse de presiunea vîntului pe conductori și pe suporți.

In cazul cînd vîntul bate în direcția conductorilor intensitatea depunerilor este de circa 5 ori mai mică față de cazul cînd direcția vîntului ar fi perpendiculară pe linie. C. S. Turoverov a stabilit că intensitatea chiciurii depuse este proporțională cu sinusul unghiului dintre direcția vîntului și axa conductorului, ideie care a fost indicată de Noth [7]. Analiza ultimelor date culese de la stația experimentală de la Novo-Piatigorsc confirmă această dependență dintre intensitatea chiciurii depuse

și direcția vîntului. In tabela 2 se dau datele privind intensitatea poleiului și a formațiunilor mixte depuse pentru diferite unghiuri ale direcției vîntului, constatate la stația experimentală de la Novo-Piatigorsc [18].

Tabela 2

Unghiul dintre direcția vîntului și axa conductorului	90°	67,5°	45°	22,5°	0°
Polei	100	87	76	39	18
Formațiuni mixte .	100	94	77	50	27

Cum încă nu există date suficiente pentru precizarea unei relații absolut sigure privind dependența dintre direcția de acționare a vîntului și intensitatea chiciurii depuse nu se poate recomanda calcularea liniilor electrice aeriene sub prisma acestei probleme.

b) *Apropierea de păduri.* Pădurile, precum și clădirile în regiunile locuite, reprezintă un paravan în direcția vîntului, altfel încît intensitatea depunerilor scade. Interesează în deosebi cazul ecranării produs de păduri, dat fiindcă liniile din regiunile locuite (sate și orașe) sînt mai puțin importante, fiind deobicei de joasă tensiune.

Pe baza experiențelor efectuate ca și din exploatarea liniilor în funcțiune s-a putut constata că depunerile sînt minime în cazul cînd linia trece printr-o pădure, traseul fiind perpendicular pe direcția vîntului. De asemeenea depunerile sînt mai mici ca cele normale în cazul cînd linia se găsește în apropierea unei păduri, acțiunea de ecranare a pădurii fiind cu atît mai puternică cu cît distanța pînă la linie este mai mică și cu cît pădurea are lățimea mai mare. Caracteristice din acest punct de vedere sînt rezultatele măsurătorilor efectuate

Tabela 3

Natura depunerilor	Diametrul chiciurii depuse									
	Conductor montat pe teren deschis		Distanța dintre marginea pădurii și linie							
			5 m		15 m		100 m		200 m	
	mm	%	mm	%	m	%	mm	%	m	%
Chiciură . . .	21	100	4,6	22	5,3	25	12,0	57	17,7	81
Polei	11,4	100	2,6	22	2,5	21	5,8	51	8,4	74
Formațiuni mixte. . .	30,6	100	13,2	43	13,5	44	17,2	56	25,1	82

Tabela 4

Natura depunerilor	Diametrul chiciurii depuse							
	Conductor montat pe teren deschis		Distanța dintre marginea pădurii și linie					
			5 m		50 m		150 m	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Chiciură	21	100	11,0	52	10,7	51	15,1	72
Polei	11,4	100	6,6	58	5,3	47	7,6	67
Formațiuni mixte . .	30,6	100	16,7	55	14,0	46	23,0	75

la stația experimentală de la Novo-Piatigorsc [18], menționate în tabela 3 în cazul unei păduri late de 40 m formată din arbori cu înălțimea de 10—12 m și în tabela 4 pentru o pădure lată numai de 10 m, arborii fiind de aceeași înălțime. Datele se referă la cazuri izolate, depunerile efectuîndu-se în zile diferite pentru fiecare structură de precipitație.

Din datele de mai sus rezultă că pădurea protejează linia împotriva depunerilor atîta timp cît distanța la linie este destul de mică. De asemenea contează într-o mare măsură lățimea arborilor.

c) *Diametrul conductorilor liniilor aeriene.* Datorită faptului că depunerile de chiciură reprezintă un fenomen relativ rar și variat din punct de vedere al structurii și intensității depunerilor, precum și lipsa unor cercetări duse pe o scară mai largă în acest domeniu, a făcut ca problema atît de importantă a influenței diametrului asupra intensității chiciurii depuse să nu fie pe deplin clarificată. După unii cercetători intensitatea chiciurii depuse pe conductorii liniilor aeriene crește odată cu diametrul conductorilor [20]. Observațiile făcute pe muntele Bocken au dus la concluzia că între diametrul conductorului și greutatea de chiciură depusă există relația:

$$\frac{G_1}{G_2} = \sqrt[n]{\frac{d_1}{d_2}}$$

unde indicele radicalului n are valoarea cuprinsă între limitele 1,25 și 1,6. Aceste concluzii au fost luate în considerare la întocmirea prescripțiilor germane pentru calculul liniilor electrice aeriene, în sensul că greutatea chiciurii depuse crește cu diametrul conductorului.

După alții [2,21] grosimea chiciurii depuse nu depinde practic de diametrul conductorului. După părerea lui V. Bursdorf [7] nici n-ar trebui pusă problema dependenții directe a intensității chiciurii depuse în funcție de diametrul conductorului deoarece acest lucru depinde în primul rînd de fenomenul răsucirii conductorului care depinde la rîndul său de materialul și diametrul conductorului, precum și de deschidere.

Deosebit de interesante sînt datele comunicate de N. Muretov, pe baza experiențelor efectuate la stația experimentală de la Novo-Piatigorsk [16].

In cazul unor conductori de lungime scurtă la care răsucirea este practic exclusă, rezultă că grosimea chiciurii depuse scade odată cu creșterea diametrului, așa cum se vede în fig. 2 în cazul depunerilor de polei și în fig. 3, cînd depunerile sînt formate din formațiuni mixte. In cazul conductorilor suspendați se poate constata că greutatea chiciurii depuse la mijlocul deschiderii este mai mare ca în apropierea punctelor de suspensie, datorită fenomenului de răsucire.

În tabela 5 se dau o serie de date privind greutatea chiciurii depuse, pentru diferite distanțe de la punctul de suspensie al conductorului, în cazul unei linii de telecomunicații, diametrul conductorului fiind de 5 mm.

Tabela 5

Natura depunerilor	Distanța de la suport m	Greutatea medie a suprasarcinii g/m	Raportul greutăților %	Rotirea medie a conductorului față de poziția inițială, în grade centisimale
Polei	1	225	100	3
	5	233	104	40
	10	248	110	56
	15	257	114	78
	19,5	253	112	81
Chiciură	1	206	100	6
	5	260	126	39
	10	279	135	63
	15	298	144	80
	19,5	275	133	85

Din tabela 6 rezultă că datorită răsucirii conductorilor greutatea sarcinilor adiționale depuse crește mai puțin în cazul poleiului și

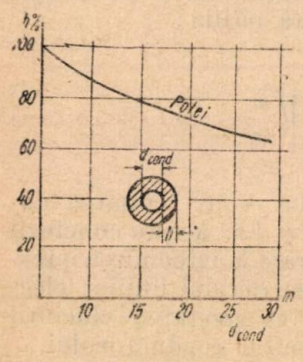


Fig. 2

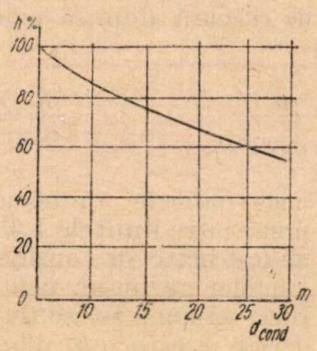


Fig. 3

mai mult în cazul chiciurii. Acest fapt se explică ușor prin însuși modul de formare a celor două feluri de depuneri. Totodată se constată o răsucire destul de accentuată a conductorului (de aproape 90°) la mijlocul deschiderii. Nu există date privind variația depunerilor ținînd seama simultan atît de variația diametrului conductorilor, cît și de răsucirea lor, ceea ce ar fi deosebit de util în practică.

Datele indicate de A. I. Skodin [18] arată în mod clar că greutatea specifică de chiciură, ce revine unui mm de diametru a conductorului, scade odată cu creșterea diametrului, așa cum se poate vedea în tabela 6 și tabela 7. Cifrele de la numărător date în aceste tabele se referă la greutatea în grame pe m. l. de conductor, iar cele de la numitor, la greutatea ce revine unui mm din diametrul conductorului. Cu toate că în lucrare nu se menționează, probabil că măsurătoarele se referă la tronsoane de conductori, la care răsucirea conductorilor nu este posibilă.

Analizînd datele de mai sus rezultă că ipoteza de calcul admisă de prescripțiile privind construcția liniilor aeriene [22, 23] anume că grosimea depunerilor de chiciură este independentă de diametrul conductorilor, pare puțin probabilă. Este necesar să se menționeze că în prescripții se presupun depuneri de polei, la care variația depunerilor de-a lungul conductorilor, datorită răsucirii acestora, este mai mică ca în cazul depunerilor de chiciură.

O. Vekselman [19] combate părerea după care grosimea depunerilor este independentă de diametrul conductorilor și că acest lucru se datorește fenomenului de răsucire a conductorilor precum și faptului că numărul de picături ce cade pe suprafața conductorului în unitate de timp este determinată de numărul specific de picături de apă din atmosferă. Pe baza cercetărilor experimentale efectuate, acest autor ajunge la concluzia că grosimea de chiciură depusă pe conductorii liniilor aeriene depinde nu de factorii menționați mai sus ci de totalitatea parametrilor care determină trecerea de la un stadiu al procesului de produ-

Tabela 6

Natura și data depunerii	Diametrul conductorilor, mm					
	5	10	15	20	25	30
Polei						
4.I.1941	62/12	87/8,7	111/7,4	133/6,7	152/6,1	161/5,4
6.III.197	217/43	285/28,5	350/23	400/20	448/18	501/16,7
19.II.1942	548/110	660/66	777/52	874/43,7	1000/40	1066/35,6
4.III.1941	800/160	950/95	1073/72	1189/59,3	1326/52	1410/47
10.XII.1946	894/179	1180/118	1333/39	1440/72	1436/57,5	1630/51
25.III.1949	1971/395	2280/228	2560/171	2800/140	3036/123	3250/115

Tabela 7

Natura și data depunerii	Diametrul conductorilor, mm					
	5	15	20	25	30	48
Formațiuni mixte						
20.XI.1943	313/62,6	543/36,3	—	649/26	—	817/17
29.XII.1946	417/83,4	638/42,5	—	717/28,7	—	898/18,7
3.II.1942	625/125	747/49,8	816/40,8	866/34,6	924/30,8	—

cere al chiciurii, la stadiul următor, elemente care determină însăşi structura şi intensitatea depunerilor. Fenomenul fiind deosebit de complex este necesar a se efectua măsurători, astfel încît rezolvarea problemei să se facă pe cale experimentală. Datele culese la staţia experimentală Novo-Piatigorsc ca şi cele puse la dispoziţie de Ministerul centralelor electrice din U.R.S.S. au permis să se traseze curbele din fig. 4 care dau dependenţa grosimii depu-

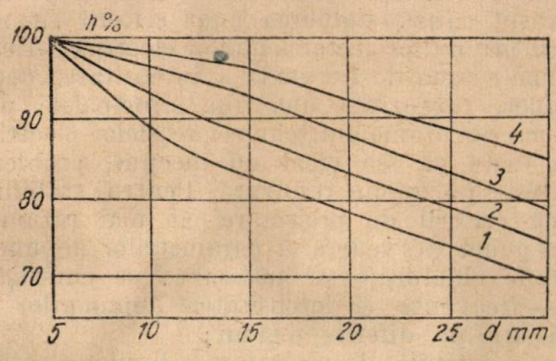


Fig. 4

nerilor de polei în funcţie de diametrul conductorului. Cele patru curbe din fig. 4 se referă la cele patru regiuni de chiciură specificate în prescripţiile sovietice [22] şi anume:

— curba 1, s-a considerat o grosime de polei de 5 mm; reg. I.

— curba 2 s-a considerat o grosime de polei de 10 mm, reg. II.

— curba 3, s-a considerat o grosime de polei de 15 mm; reg. III.

— curba 4, s-a considerat o grosime de polei de 20 mm; reg. IV.

Din acest grafic se poate constata că grosimea poleiului depus scade odată cu creşterea diametrului conductorului. Pentru compararea rezultatelor este necesar de a se lua pentru fiecare regiune o secţiune de referinţă (deschiderea fiind aceeaşi, şi anume de 150 m) astfel încît valoarea coeficientului de exploatare să rămînă practic aceeaşi. Secţiunile de referinţă alese sînt următoarele:

Regiunea IV de polei —70 mm² Cu, d=10,6 mm
Regiunea III de polei —50 mm² Cu, d = 9 mm
Regiunea II de polei —25 mm² Cu, d=6,3 mm
Regiunea I de polei —16 mm² Cu, d=5,1 mm

In cazul secţiunii de 16 mm², coeficientul de exploatare rezultă mai mare ca în cazurile precedente; nu s-a adoptat o secţiune mai mică nefiind permisă de către prescripţii [22, 23].

In funcţie de datele pe baza cărora s-au construit curbele din fig. 4, luînd un conductor de referinţă cu d_2 = 30 mm, se determină următoarea relaţie care permite calculul grosimii de polei în cazul unui conductor de diametru d_1 [19].

$$k = \frac{h_1}{h_2} = \sqrt[a]{\frac{d_2}{d_1}}$$

unde:

h_1 — grosimea depunerii de polei pe conductorul cu diametrul d_1;
h_2 — idem, cu diametrul d_2;
a — indicele radicalului, a cărei valoare este dată în tabela 8.

Tabela 8

Secţiunea conductorului, mm²	Regiunea climaterică de polei şi diametru conductorului de referinţă, mm			
	I	II	III	IV
	5,1	6,3	9,0	10,6
10	5,8	8,3	—	—
15	5,8	7,7	10,4	13,6
20	5,5	7,0	7,7	10,6
25	5,3	6,3	6,8	8,0
30	5,0	5,5	6,0	6,8

Relaţia de mai sus este importantă nu numai din punct de vedere al stabilirii dependenţei dintre grosimea chiciurei depuse în funcţie de diametrul conductorului, dar şi din punct de vedere practic, anume în calculul conductorilor. Creşterea grosimii depunerii de chiciură sau polei cu 10% duce la creşterea greutăţii depunerilor cu circa 30%, valoare ce nu poate fi neglijată.

Analizînd cele menţionate mai sus, se poate afirma că ipoteza creşterii intensivităţii depunerilor de chiciură odată cu creşterea diametrului conductorilor, luată la baza prescripţiilor VDE, pare puţin probabilă. Deducerea acestei ipoteze s-a bazat de măsurătorile efectuate pe tronsoane scurte de conductori, a căror comportare este diferită de aceea a conductorilor suspendaţi. Din acest punct de vedere adoptarea ipotezei unei grosimi de chiciură constante, independente de diametru, la calculul conductorilor, a reprezentat o soluţie mai apropiată de realitate, cu toate că această ipoteză nu are o suficientă justificare teoretică sau experimentală. Ipoteza creşterii grosimii de chiciură depuse, în funcţie de diametrul conductorilor, probabil că este cea mai reală. Asupra dependenţei dintre grosimea de chiciură depusă şi diametrul conductorilor, influenţează o serie de factori secundari ca: materialul conductorilor, deschiderea de suspensie, tensiunea mecanică din conductori în momentul depunerii chiciurii etc. din care cauză relaţia de calcul, care ar reprezenta exact fenomenul ar fi deosebit de complexă. Deoarece determinarea unei relaţii exacte întîmpină dificultăţi, iar folosirea ei ar fi fost dificilă, se poate recomanda utilizarea relaţiei de calcul propuse de O. Vekselman; urmează ca stadiile şi cercetările ce se vor efectua în acest domeniu să precizeze coeficienţii de calcul.

d) *Înălţimea de montare a conductorilor* influenţează intensitatea depunerilor datorită variaţiei vitezei vîntului la diferite înălţimi. Cele mai concludente date, în această privinţă sînt cele obţinute pe cale experimentală. In tabela 9 se dau, în grame pe ml, valoarea

depunerilor de polei și de formațiuni mixte pentru diferite înălțimi de montare ale conductorilor [18].

Tabela 9

Natura și data depunerilor	Înălțimea de montare					
	2 m	4 m	6 m	8 m	10m	22m
Polei						
3.III.1941	122	175	246	304	384	391
21.II.1947	146	233	326	397	455	489
9.III.1949	160	316	395	450	471	529
11.XII.1946	647	—	1575	—	—	2050
24.III.1949	678	1280	1680	1980	2100	2290
Formațiuni mixte						
7.II.1941	84	112	148	178	211	227
19.XII.1940	94	126	168	203	239	263
23.XI.1946	152	276	326	393	442	457
23.I.1947	159	259	303	330	350	381

In tabela ce urmează se indică valorile medii ale depunerilor, în procente, față de depunerea de pe conductorii montați la înălțimea de 12 m.

Tabela 10

Înălțimea de montare m	2	4	6	8	10	12
Polei	35	56	71	82	92	100
Formațiuni mixte	35	54	67	80	92	100

Rezultate interesante în această privință se găsesc și în lucrarea lui N. S. Muretov, menționată mai sus [16]; în fig. 5 și fig. 6 se dau variația grosimii depunerilor în funcție de înălțimea de montare a conductorilor, pentru polei și formațiuni mixte. Din date specificate în tabelele 9 și 10 precum și pe baza analizării diagramelor din fig. 5 și 6, rezultă influența deosebit de mare a înălțimii de montare a conductorilor asupra intensității depunerilor. Măsurîndu-se intensitatea vîntului la diferite înălțimi și calculîndu-se intensitatea depunerilor, s-a ajuns la concluzia că intensitatea depunerilor este porporțională cu pătratul vitezei, confirmîndu-se astfel legea avalanșei, enunțată de E. Wald [17]. In prescripțiile de calcul a liniilor electrice aeriene nu se menționează nimic asupra acestei probleme; se impune deci a se efectua calcule comparative pentru a se constata dacă nu este cazul ca la calculul conductorilor să se țină seama de variația intensității depunerilor de chiciură în funcție de înălțimea de montare.

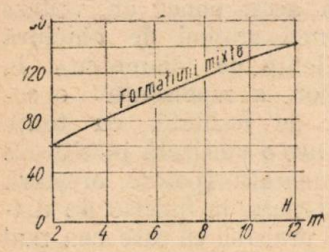


Fig. 5

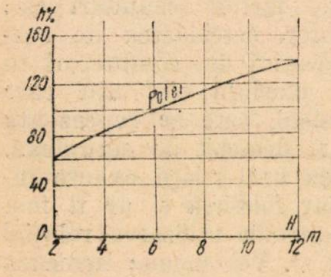


Fig. 6

4. Problema depunerilor de chiciură în țara noastră

Depunerile de chiciură din țara noastră se caracterizează prin frecvența și intensitatea lor deosebită. Datorită acestui fapt se explică avariile relativ frecvente și grave pe care le-au avut de suferit liniile electrice aeriene. Din această cauză stabilirea unor criterii cît mai juste privind proiectarea liniilor electrice aeriene, ținînd seama de frecvența și intensitatea depunerilor, reprezintă una din principalele probleme din domeniul tehnicei rețelelor electrice. Cu toate că s-a creat un început, problema nu este pe deplin rezolvată. Pentru stabilirea unor criterii de proiectare cît mai raționale din punct de vedere al parametrilor depunerilor de chiciură, este necesar a se cunoaște:

— frecvența și intensitatea depunerilor de chiciură pe diferite regiuni;

— principiile de proiectare a liniilor electrice aeriene.

In cele ce urmează se vor analiza pe scurt aceste probleme.

a) *Frecvența și intensitatea depunerilor de chiciură pe diferite regiuni.* Date privind frecvența și intensitatea depunerilor de chiciură din țara noastră sînt relativ puține și de cele mai multe ori incomplete. In general n-a existat, în deosebi din partea întreprinderilor de energie electrică, o preocupare continuă și organizată în acest domeniu. Din această cauză este dificil de a stabili zonele caracterizate prin depuneri de frecvență și intensitate diferită.

In anul 1948 Centrala Industrială a Energiei Electrice, a inițiat o anchetă documentară, culegînd date statistice și informații privind frecvența și intensitatea depunerilor de chiciură de la Institutul Meteorologic Central, de la diferite întreprinderi regionale de electricitate, C.F.R. și P.T.T. Paralel cu aceasta s-a început studiul fenomenologic al depunerilor de chiciură prin consultarea lucrărilor de specialitate și a prescripțiilor din diferite țări, pentru stabilirea unor criterii cît mai juste de proiectare a liniilor aeriene.

Datele statistice de la Institutul Meteorologic Central se refereau la frecvența depunerilor de chiciură, fără a se referi însă la intensitatea depunerilor. De asemenea nu se precizează o serie de parametri importanți care caracterizează depunerile, cum ar fi intensitatea vîntului, densitatea depunerilor, temperatura, etc. Insfîrșit este necesar să se menționeze că valoarea acestor date este, în parte, relativă după cum rezultă din analizarea lor; se poate constata, de exemplu, că nu s-a făcut o demarcație precisă între depunerile de polei și chiciură, în majoritatea cazurilor specificîndu-se că au fost depuneri de chiciură.

Examinînd rapoartele pe o perioadă pînă la 20 ani, de la 99 stațiuni, s-a putut constata

că frecvența depunerilor de chiciură variază în limite largi, de la regiune la regiune. Primele zece localități în ordinea de clasificare a numărului mijlociu de zile cu chiciură într-un an, sînt următoarele :

1.	*Vîrful Omul*	117,2 zile
2.	*Rucăr*	31 „
3.	*Băița*	14 „
4.	*București*	13,1 „
5.	*Cîmpia-Turzii*	12 „
6.	*Turnu-Măgurele*	11 9 „
7.	*Cîmpina*	11,8 „
8.	*Urlați*	11,1 „
9.	*Pitești*	10,4 „
10.	*Tg.-Jiu*	9,4 „

Relativ la intensitatea depunerilor de chiciură, la bază au stat datele trimise de P.T.T. și C.F.R. precum și analiza avariilor din liniile de telecomunicații și de energie electrică.

Totodată studiind hărțile privind repartiția zonelor de polei și de formațiuni mixte din U.R.S.S. [16] se constată că regiunile din apropierea granitei cu țara noastră se caracterizează prin depuneri deosebit de intense.

Considerațiile de mai sus au permis autorului să delimiteze încă în anul 1949, cele două regiuni de chiciură din țara noastră, linia de demarcație trecînd aproximativ prin Vatra-Dornei, Piatra Neamț, Tg.-Ocna, Rîmnicu Sărat, Băicoi, Pucioasa, Cîmpul-Lung Turnu-Roșu Hațeg, Caransebeș, Moldova-Nouă. Această delimitare a regiunilor de chiciură, a fost ulterior adoptată în S.T.A.S. [24] privind construcția liniilor aeriene de energie electrică, ca și în prscripțiile privind construcția liniilor aeriene de energie electrică, elaborate de M.E.E.I.E.

Analiza unor date mai complete referitor la intensitatea depunerilor de chiciură din țara noastră duc la concluzia că regiunea Brad-Zlatna se caracterizează de asemenea prin depuneri intense de chiciură și în consecință, proiectarea rețelelor electrice din această regiune trebuie făcută după aceleași criterii ca pentru liniile din regiunea I de chiciură. Această regiune este delimitată de linia : Brad-Abrud-Lupșa-Zlatna-Băița. Explicația existenței acestei zone de categoria I, constă în faptul că în această regiune sînt o serie de condiții orografice locale care favorizează producerea chiciurii (vînturi, relativ puternice, determină ridicarea păturilor de aer umede și calde la altitudini mai mari, unde prin răcire iau naștere precipitații sub formă de ploaie, chiciură sau zăpadă). Nu este exclus ca această zonă să fie mai extinsă. Se impune ca să se inființeze o serie de stații experimentale pentru precizarea regiunii caracterizate prin depuneri intense de chiciură.

b) *Principiile de proiectare a liniilor electrice aeriene* In anul 1953, MEEIE a elaborat noile prescripții pentru construcția liniilor electrice aeriene, luîndu-se ca bază prescripțiile sovietice. S-a ținut seama totodată de specificul local și anume de valoarea intensității de calcul a depunerilor de chiciură. La propunerea autorului s-au adoptat următoarele intensități de calcul ale suprasarcinilor :

— regiunea I — grosimea de polei de 17 mm ;
— regiunea II —grosimea de polei de 13 mm.

Spre deosebire de vechile prescripții IRE s-a considerat că grosimea chiciurii depuse nu depinde de diametrul conductorilor.

Densitatea de polei în ambele cazuri este de 0,9.

Valoarea de 17 mm a fost stabilită în comparație cu suprasarcinile ce rezultau din aplicarea vechilor prescripții IRE care au fost considerate ca indicînd intensități de calcul a depunerilor relativ mari, precum și prescripțiile sovietice dat fiind că condițiile climatologice din regiunea I din țara noastră nu diferă prea mult de condițiile climatologice din sudul și estul URSS. După cum s-a menționat unele din zone caracterizate prin depuneri intense de chiciură și polei se găsesc la granița țării noastre ceea ce reprezintă un motiv în plus pentru a nu lua valori prea diferite pentru intensitatea de calcul a depunerilor de chiciură. Totodată s-au efectuat o serie de calcule comparative. Valoarea de 13 mm care se consideră pentru grosimea de calcul a chiciurii în cazul rețelelor din regiunea II de chiciură, duce la o suprasarcină cu circa 25% mai mică decît în cazul depunerilor din regiunea I (grosimea depunerilor de 17 mm). Alegerea intensității de calcul a depunerilor de chiciură din regiunea II-a s-a făcut ținînd seama de valorile maxime ale depunerilor, cu toate că aceste valori reprezintă cazuri izolate și au un caracter local, din cauza datelor relativ puține care au stat la dispoziție.

Impărțirea țării în două regiuni din punct de vedere al intensității din calcul al depunerilor de chiciură precum și fixarea valorilor de mai sus (de 17 mm, respectiv de 13 mm) pentru grosimea chiciurii depuse pe conductori, a dus la proiectarea mai rațională a liniilor electrice aeriene. Liniile calculate pe baza datelor specificate mai sus sînt mai ieftine ca cele calculate după recomandările din prescripțiile I.R.E. în deosebi în cazul liniilor din regiunea II de chiciură.

După fixarea acestor valori a avut loc depunerea de chiciură de o intensitate deosebit de mare din 15—17 februarie 1953 și 1—3 Ianuarie 1955. Liniile construite pe baza acestor date au suferit avarii de mică importanță și cu caracter local, astfel încît acest fapt reprezintă o primă confirmare că valorile menționate mai sus au fost bine alese.

Relativ la principiile de proiectare ale liniilor aeriene se mai pune problema variației intensității de calcul a chiciurii în funcție de o serie de parametrii ca : diametrul conductorului, înălțimea de montare a conductorilor, direcția vîntului ; actualele prescripții consideră aceeași intensitate de calcul a depunerilor indiferent de direcția vîntului față de linia aeriană, diametrul conductorilor sau înălțimea de montare a acestora.

Deoarece direcția vîntului variază relativ mult chiar în cadrul unei regiuni mai puțin întinse, este dificil de a se lua în considerare în calcule variația intensității depunerilor în funcție de unghiul dintre direcția liniei și direcția vîntului. Pentru unele cazuri izolate, cum sînt rețelele din jurul Bucureștiului, cînd se constată în mod repetat avarii la liniile avînd o direcție dată se recomandă a se lua în calcule o intensitate de calcul a depunerilor mai mare. Aceasta supradimensionare trebuie bine justificată pentru a nu duce la construcții de linii prea scumpe.

Problema variației intensității depunerilor în funcție de înălțimea de montare și în deosebi în funcție de diametrul conductorilor, prezintă un real interes practic.

Relativ la influența diametrului conductorilor asupra depunerilor s-a arătat că variația grosimii depunerilor cu numai 10% duce la o variație sensibilă a suprasarcinii adiționale. In consecință problema nu se poate neglija și merită a fi studiată cu toată atenția.

Analizînd datele privind depunerile de chiciură din ultimi doi ani, precum și comportarea liniilor de energie electrică proiectate după noile prescripții se pot trage următoarele concluzii:

— Impărțirea țării în două regiuni de chiciură este rațională, aceasta ducînd la mari economii în construcția liniilor aeriene.

Se impune modificarea regiunilor propuse inițial prin introducerea unei regiuni de categoria I, conform celor menționate mai sus. Restul liniei de demarcație rămîne neschimbată.

— Intensitățile de calcul adoptate (grosimea de polei de 17 mm pentru regiunea I, respectiv de 13 mm pentru regiunea II) se propune a nu fi modificate deoarece liniile calculate cu noile prescripții s-au comportat bine la depunerile de suprasarcină care au avut loc în ultimii doi ani, iar pe de altă parte datele existente sînt în general insuficiente pentru a se putea ajunge la concluzii mai precise în această problemă.

— Este necesar a se efectua o serie de studii și cercetări referitor la variația intensității depunerilor în funcție de o serie de parametri ca: înălțimea de montoare a conductorilor, direcția de propagare a vîntului, influența diametrului conductorilor, precum și culegere de date pentru verificarea și precizarea intensității de calcul a depunerilor și delimitării regiunilor de chiciură. In acest scop, pe lîngă observațiile sistematice ce trebuie efectuate în cazul depunerilor de chiciură pe liniile existente, este necesar să se construiască o serie de stații experimentale.

Articolul de față a avut de scop punerea problemei referitor la influența depunerilor de chiciură asupra calculului liniilor aeriene, precum și precizarea a unor parametrii, care influențează principiile de proiectare ale acestor linii. După cum a rezultat din cele de mai sus, problema nu este pe deplin rezolvată și se impune în consecință, continuarea studiilor și a cercetărilor pentru a ajunge la construirea unor linii aeriene cît mai raționale.

Bibliografie

[1] *Magashazy B.*: Dégats causés en Hongrie sur une ligne à haute tension par un ouragan et un dépôt de glace, CIGRE, 1937, vol. II, R-207.

[2] *Barray A.*: Rapport sur l'enquete internationale ouverte par la CIGRE au sujet des dépôts de givre qui se forment sur les conducteurs aériens, CIGRE, 1935, vol. II, R-207.

[3] *Brok Fr.*: Sur la catastrophe provoquée par le givre sur les lignes de la société N.E.W.A.G., CIGRE, 1935, vol. II, R-258.

[4] *Uyeno et Matsuoca H.*: Trubles causés par la neige a la ligne 154 kV de la Nippon, Electric Powar Cy CIGRE, 1935, vol. II, R-212.

[6] *Artini M.*: Dépôts de givre sur les conducteurs des lignes aérienes. Quelques aspects du phénomene en Italie, CIGRE, 1935, vol. II, R-211.

[7] *Burqsdorf V.*: Soorujenie i exploatația linii elektroperedaci v silno gololeodnîh raionah, GEI, 1947.

[8] *El. World*, dec. 1929, ian. 1930.

[9] *Iacub In. A.*: Referat, El. Stanții, nr. 4/1954.

[10] *Bunin S. A.*: Iscliucitelnîi sluciai gololeoda v elektrosetiah Severnogo Cavcaza, El. Stanții, nr. 9/1948.

[11] *Mateescu Cristea*: Contribuție la stabilirea prescripțiilor pentru calculul liniilor aeriene de transmisiune electrică, 1927.

[12] *Marcu Vasile* și *Drăgan Gleb*: Problema depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor electrice aeriene, Electricitatea, nr. 4—5/1952.

[13] *Marcu Vasile* și *Drăgan Gleb*: Problema depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor electrice aeriene, Studii și cercetări de mecanică și metalurgie, anul I, 1950.

[14] *Artini M.*: Depositi di ghiaccio su conduttori delle linee aeree, Energ-Elettr, nr. 10/1935.

[15] *Drappier J.*: Les méfaits du givre sur les lignes electriques, Rev. Gen. Electr., 1934, 27/X.

[16] *Muretov N. S.*: Gololednîe obrazovania na vozdușnîh liniah sviazi i elektroperedaci, Moscova, 1945.

[17] *Wald E.*; Procédé simple pour l'étude du givre, CIGRE, 1935, vol. II, R. 231.

[18] *Skodin A. I.*: Nekotorîe svedenia ob usloviah raboti linii elektroperedaci i sviazi v gololednîh raionah, Elektricestvo, nr. 10/1953.

[19] *Vekselman O. G.*: O vilianii secenia provoda na intensivnosti gololeodovbrazovania. Elektricestvo, nr. 2/1954.

[20] *Matthias A.*: Referat CIGRE.

[21] *Glazunov A. A.*: Rețelele sistemelor electrice, Ed. Tehnică, 1948.

[22] *** Pravila ustroistva elektriceskih ustanovoc, GEI 1950.

[23] *M.E.E.I.E.*: Prescripții pentru construcția liniilor electrice aeriene cu tensiunea peste 1 000 V, 1953.

[24] *STAS-R*: Prescripții privind construcția liniilor aeriene Ipoteze de calcul.

НОВОЕ В ВОПРОСЕ О ГОЛОЛЕДНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Резюме

В статье рассматривается ряд новых воззрений касающихся вопроса гололедных отложений на проводах вовдушных линий в связи с влиянием некоторых параметров как: относительное направление ветра, близость леса, влияние диаметра проводов, монтажная высота проводов. В статье даются также данные касающиеся отложений гололеда в нашей стране за последние два года и анализируются некоторые указания ПТЭ касающиеся этих отложений.

Contribuţii la calculul mecanic al conductorilor flexibili din instalaţiile electrice de tip exterior *)

Dr. ing. R. VOINEA şi *ing. D. VOINEA*

Se expune o metodă nouă care permite să se obţină printr-un calcul relativ comod rezultate suficient de exacte pentru toate cazurile întîlnite în practică.

In staţiile electrice de tip exterior căile de curent (barele colectoare, derivaţiile de la acestea etc.) se realizează în majoritatea cazurilor din conductori întinşi între suporţi de lemn, metal sau beton armat. Conductorii folosiţi sînt funii de Cu, Al, OlAl, Ol, prezentînd pentru lungimile curente suficientă flexibilitate.

Din punct de vedere mecanic, ca şi în cazul liniilor electrice aeriene, este necesar să se stabilească o ecuaţie de stare cu ajutorul căreia să se poată determina :

a) elementele pentru montajul conductorilor (săgeţile şi eforturile de tracţiune la diverse temperaturi) astfel ca în condiţiile cele mai grele să nu se întreacă rezistenţele mecanice admisibile pentru conductori, izolatori şi armături, iar săgeţile să rămînă în limitele prescrise ;

b) elementele pentru calculul suporţilor (eforturi maxime orizontale şi verticale).

Metodele folosite la calculul mecanic al conductorilor liniilor electrice aeriene nu mai corespund în cazul de faţă din următoarele motive :

— Deschiderile fiind mult mai mici (15—40 m) nu mai poate fi neglijată influenţa lanţurilor de izolatori. Intr-adevăr, lungimea lanţurilor de izolatori depăşeşte uneori, la tensiuni foarte înalte, 15% din deschidere, în timp ce greutatea pe unitatea de lungime întrece de 30—100 ori greutatea unitară a conductorului.

— Derivaţiile la aparate fac să apară solicitări locale suplimentare, sub forma unor sarcini concentrate, în interiorul deschiderii, de care de asemenea trebuie să se ţină seama.

Se vede din cele de mai sus că problema apare astfel sub o formă mult mai complexă şi că soluţia trebuie căutată pentru cazul cel mai general al unei încărcări distribuită în deschidere după o lege oarecare.

Din literatura de specialitate se cunosc cîteva rezolvări date în special pentru cazul particular în care se ia în considerare numai influenţa lanţurilor de izolatori. O asemenea situaţie prezintă interes pentru liniile electrice aeriene la traversarea căilor de comunicaţii, cînd deschiderile sînt relativ mici şi lipsesc derivaţiile în interiorul deschiderii.

Din această categorie de cercetări sînt de reţinut : Kryzanowski (E.u.M 1917—S. 489 şi ETZ 1918—S. 138) probabil cel mai vechi dintre cercetători, apoi Robitschek (E. u. M 1924-S. 565) în a cărui metodă se asimilează lanţul de izolatori cu o bară rigidă, K. Guerndt (ETZ 1922—S. 137) şi L. Truxa (E.u.M. 1924—S. 501) pentru care lanţurile de izolatori sînt presupuse flexibile şi solicitate de o sarcină uniform distribuită.

Metoda lui L. Truxa este utilizată pe o scară largă fiind suficient de exactă şi relativ comodă. Ecuaţia de stare pentru cazul general al reazemelor denivelate are aceeaşi formă ca aceea pentru linii :

$$\frac{a^2}{24}\left(\frac{\bar{\gamma}_{II}^2}{\sigma_{m_{II}}^2}-\frac{\bar{\gamma}_{I}^2}{\sigma_{m_I}^2}\right)-\bar{\alpha}\,(t_{II}-t_I)-\frac{1}{E}(\sigma_{m_{II}}-\sigma_{m_I})=0$$

unde :

c este lungimea (oblică) a deschiderii (m),

a — lungimea proiecţiei pe orizontală a deschiderii (m),

$$\bar{\gamma}=\sqrt{1+\nu}\,\gamma$$

$$\nu=3\varepsilon\left[1+\frac{2}{3}\cdot\frac{k}{c}\left(\frac{\gamma_k}{\gamma}-2\right)\right]$$

$$\varepsilon=4\left(\frac{\gamma_k}{\gamma}-1\right)\frac{k^2}{a^2},$$

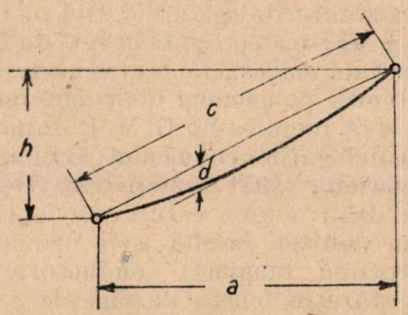


Fig. 1

k este lungimea proiecţiei pe orizontală a lanţului de izolatori (m),

γ — greutatea conductorului — inclusiv suprasarcina — (kg/m.mm²),

γ_k — greutatea lanţului de izolatori — inclusiv suprasarcina — raportată tot la secţiunea q a conductorului (kg/m.mm²).

*) Comunicare prezentată la prima sesiune de comunicări ştiinţifice a corpului didactic din Institutul Politehnic Bucureşti — Secţia de Energetică — noembrie 1954.

$\sigma = \sigma_m + \frac{h\gamma}{2}\left(1 - \frac{2k}{c}\right)$ — rezistența în conductor la punctul de întindere superior (kg/mm²),

$\bar{\alpha} = \alpha\left[1 - \frac{2k}{c}\left(1 - \frac{\alpha_k}{\alpha}\right)\right]$,

α — coeficientul de dilatare termică al conductorului,

α_k — coeficientul de dilatare termică al lanțului de izolatori

$$\bar{\bar{E}} = \frac{E}{1 - \frac{2k}{c}\left(1 - \frac{q\,E}{q_k E_k}\right)},$$

E — modulul de elasticitate al conductorului,

$q_k E_k = \frac{\Sigma (S_v \cdot q_v E_v)}{S_k}$ — valoare medie pentru lanțul de izolatori de lungime s_k compus din elemente de lungime s_v, secțiune q_v și modul de elasticitate E_v,

$f = \frac{a^2 \bar{\gamma}}{8\sigma}$ — săgeata,

$\bar{\gamma} = (1 + \varepsilon)\,\gamma$ — greutatea proprie a conductorului,

I, II caracterizează mărimile din starea I și II.

In 1933 în U.R.S.S. I.N. Denisiuk publică o metodă aproximativă pentru calculul mecanic al

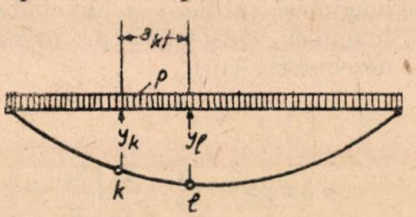


Fig. 2

conductorilor din stațiile electrice de tip exterior, în care se ia în considerare și influența sarcinilor concentrate datorite legăturilor. Doi ani mai tîrziu (1935) Ter Mkrtcian prezintă în revista Electricestvo o metodă mai exactă pentru același caz, bazată pe teoria poligonului funicular, metodă reprodusă și în lucrarea lui G. M. Rozanov : Unele probleme în legătură cu calculul părții mecanice a liniilor aeriene (1954 — Moscova). Deși nu se studiază decît cîteva cazuri particulare, procedeul preconizat rezultă a fi următorul :

Se exprimă lungimea conductorului la o anumită stare în funcție de săgețile $y_1, y_2, \ldots, y_n$ în punctele în care sarcina care acționează asupra conductorului suferă o discontinuitate — un salt.

$$\text{arc } kl \cong \text{coarda } kl + \frac{p^2 a_{kl}^3}{24\,H^2} = \sqrt{a_{kl}^2 + (y_l - y_k)^2} + \frac{p^2 a_{kl}^3}{24\,H^2}.$$

In această expresie singura necunoscută este tensiunea H din conductor, deoarece săgețile y_k, y_l se pot determina folosind proprietățile geometrice ale poligonului funicular. Dacă se înlocuiește radicalul cu o expresie aproximativă, rezultă din dezvoltarea sa în serie și dacă se însumează, se găsește pentru lungimea conductorului o expresie de forma :

$$L = a + \frac{1}{2}\Sigma\frac{(y_l - y_k)^2}{a_{kl}} + \frac{1}{24\,H^2}\Sigma\,p^2\,a_{kl}^3 .$$

Cunoscînd lungimea conductorului se poate ajunge la ecuația de stare (Anexa I).

O contribuție romînească interesantă la aceeași problemă este lucrarea ing. Emil Constantinescu [5]. Autorul stabilește mai întîi o ecuație de stare pentru o deschidere cu denivelare variabilă. Apoi, pe baza rezultatelor obținute, determină o ecuație de stare pentru un conductor încărcat cu o sarcină uniform distribuită și cu o sarcină concentrată. Pentru cazul general al unui conductor încărcat cu o sarcină uniform distribuită și mai multe sarcini concentrate, se stabilește un sistem de cuații lineare, scriind echilibrul forțelor în punctele în care lucrează forțele concentrate. Rezolvînd acest sistem de ecuații se pot determina săgețile conductorului în punctele respective. In felul acesta se ajunge la cazul studiat anterior, ceea ce permite aplicarea ecuației de stare și determinarea din aproape în aproape a curbei funiculare pentru orice modificare de stare (temperatură — încărcare).

Metoda de calcul este destul de laborioasă dacă numărul de sarcini concentrate este mare și se complică încă și mai mult dacă se dorește a se ține seama și de influența lanțurilor de izolatori.

Pentru simplificare, autorul propune o metodă aproximativă la baza căreia stă înlocuirea sarcinilor concentrate cu sarcini uniform distribuite echivalente.

In completarea acestei scurte treceri în revistă a evoluției metodelor de rezolvare a problemei indicate se mai citează metoda grafică a lui A. Engler și A. Zeindler (ASE 1929, pag. 454—461). Procedeul nu este prea comod deoarece obligă la trasarea prin puncte a unei serii întregi de curbe, care nu pot fi folosite decît pentru cazul considerat.

* * *

In cele ce urmează se dezvoltă o metodă de calcul nouă, care permite rezolvarea problemei propuse, respectiv, stabilirea unei ecuații de stare pentru cazul cel mai general de încărcare. Această nouă metodă este mai ușor de aplicat în cazurile care intervin în practică și în același timp este suficient de exactă pentru nevoile proiectării *).

*) Rezultatele sînt identice cu cele ce se obțin cu metodele Truxa și Ter Mkrtcian în cazurile particulare examinate de aceștia.

Pentru determinarea ecuației de stare se pornește în general de la relația cunoscută

$$L_I = L_{II}\,[1 + \alpha(\theta_I - \theta_{II}) + \beta(\sigma_I - \sigma_{II})] \qquad (1)$$

care exprimă legătura dintre lungimea L_I a conductorului corespunzătoare stării I (temperatura θ_I și rezistența σ_I) și lungimea conductorului corespunzătoare stării II (temperatura θ_{II} și rezistența σ_{II})

α este coeficientul de dilatare lineară.

β — coeficientul de alungire elastică.

Toată problema se reduce așa dar la determinarea lungimii geometrice a conductorului

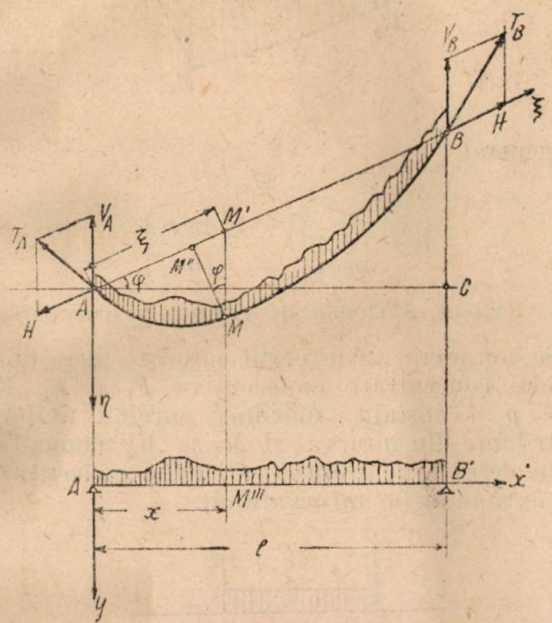


Fig. 3

la o anumită stare în funcție de elementele de care ea depinde (deschidere, sarcini).

In cazul general punctele de suspensie A și B sînt denivelate (fig. 3).

Se notează cu T_A și T_B tensiunile în conductor la extremitățile A și B ale acestuia. Fie H și V_A respectiv H și V_B componentele tensiunilor T_A și T_B după direcția AB și după direcția verticală.

Dacă se asociază firului o grindă simplu rezemată, avînd deschiderea 1 egală cu AC (proiecția pe orizontală a dreptei AB) și aceleași încărcări ca și firul, se poate verifica ușor că reacțiunile din reazemele A și B ale grinzii sînt egale cu V_A și V_B. Intr-adevăr ecuația de momente în raport cu punctul B al firului și în raport cu reazemul B' al grinzii asociate sînt identice.

Se raportează firul la un sistem de axe oblice $a\xi\eta$ și grinda la un sistem de axe rectangulare Axy.

Coordonata $\eta = MM'$ a firului într-un punct oarecare M (săgeata) se poate obține scriind că în punctul M momentul încovoietor pentru fir este nul (firul fiind presupus perfect flexibil). Dacă se notază cu M_x momentul încovoietor în secțiunea corespunzătoare pe grinda asociată, atunci :

$$M_x - H \cdot \overline{MM''} = M_x - H\eta\cos\varphi = 0. \qquad (2)$$

de unde se deduce :

$$\eta = \frac{M_x}{H\cos\varphi}. \qquad (3)$$

Cu ajutorul relației de mai sus se poate determina lungimea elementară dL a conductorului și apoi, prin integrare, lungimea totală a acestuia

$$dL^2 = d\xi^2 + d\eta^2 + 2d\xi \cdot d\eta \cdot \sin\varphi \qquad (4)$$

Dar $\xi = \frac{x}{\cos\varphi}$ deci $d\xi = \frac{dx}{\cos\varphi}$ și făcînd înlocuirile rezultă :

$$dL = \frac{1}{\cos\varphi}\sqrt{1 + \eta'^2\cos^2\varphi + \eta'\sin 2\varphi}\,dx \qquad (5)$$

unde :

$$\eta' = \frac{d\eta}{dx}. \qquad (6)$$

Pentru că unghiurile formate de tangentele la curba de echilibru a firului cu axa Ax sînt foarte mici se poate dezvolta în serie radicalul și se reține numai primii termeni :

$$\sqrt{1 + \eta'^2\cos^2\varphi + \eta'\sin 2\varphi} =$$

$$= 1 + \frac{1}{2}[\eta'^2\cos^2\varphi + \eta'\sin 2\varphi] +$$

$$+ \frac{1}{8}[\eta'^2\cos^2\varphi + \eta'\sin 2\varphi]^2 + \ldots \qquad (7)$$

$$\sqrt{1 + \eta'^2\cos^2\varphi + \eta'\sin 2\varphi} \cong$$

$$\cong 1 + \frac{1}{2}[\eta'^2\cos^2\varphi + \eta'\sin 2\varphi] \qquad (8)$$

Ținînd seama de relațiile (3) și (6) rezultă :

$$\eta' = \frac{1}{H\cos\varphi} \cdot \frac{dM_x}{dx} = \frac{T_x}{H\cos\varphi} \qquad (9)$$

deoarece, după cum se știe de la Rezistența Materialelor, derivata momentului încovoietor M_x în raport cu variabila x, este egală cu forța tăietoare T_x.

Atunci,

$$L = \int_A^B dL = \frac{1}{\cos\varphi}\int_0^l \left[1 + \frac{T_x^2}{2H^2} + \frac{T_x}{H}\sin\varphi\right]dx. \qquad (10)$$

Această integrală se descompune în trei integrale simple ale căror valori sînt :

$$a) \int_0^l dx = l$$

$$b)\ \int_0^l \frac{T_x}{2H^2}\,dx = \frac{1}{2H^2}\int_0^l T_x \cdot T_x \cdot dx = \frac{1}{2H^2}\int_0^l T_x\,dM_x =$$

$$= \frac{1}{2H^2}\left\{\left|T_x M_x\right|_0^l - \int_0^l M_x\,dT_x\right\} = \frac{1}{2H^2}\left\{T_{B'} \cdot M_{B'} -\right.$$

$$\left. - T_A \cdot M_A + \int_0^l M_x \cdot p_x \cdot dx\right\} = \frac{1}{2H^2}\int_0^l M_x \cdot p_x \cdot dx$$

deoarece $M_A = M_{B'} = 0$ (grinda asociată fiind simplu rezemată în A și B'), iar $\frac{d\,T_x}{dx} = -p_x$.

$$c)\ \int_0^l \frac{T_x}{H}\sin\varphi \cdot dx = \frac{\sin\varphi}{H}\int_0^l T_x\,dx =$$

$$= \frac{\sin\varphi}{H}\left|M_x\right|_0^l = \frac{\sin\varphi}{H}(M_{B'} - M_A) = 0.$$

Rezultă atunci :

$$L = \frac{1}{\cos\varphi}\left[l + \frac{1}{2H^2}\int_0^l M_x\,p_x\,dx\right]. \qquad (11)$$

Aceasta este expresia generală a lungimii conductorului la o anumită stare. Integrala,

$$\Omega = \int_0^l M_x\,p_x\,dx,$$

reprezintă însumarea punct cu punct a produselor dintre sarcini și momente încovoietoare între cele două reazeme A și B.

Pentru cazurile care se ivesc în practică, calculul lui Ω se poate face fără dificultăți. Mai jos se examinează aceste cazuri.

1. *Sarcină uniform distribuită*

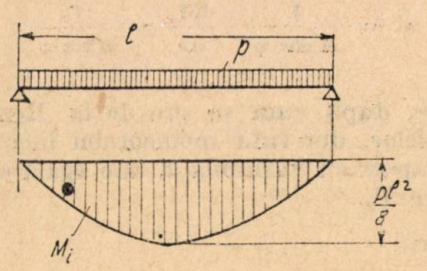


Fig. 4

$p_x = p$ = constant.

$$\Omega = p \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{p\,l^2}{8} \cdot l = \frac{p^2 l^3}{12}$$

$$L = \frac{1}{\cos\varphi}\left[l + \frac{p^2 l^3}{24\,H^2}\right].$$

Se obține, așa dar, cunoscuta expresie de la liniile aeriene (în aproximația curbei cu o parabolă).

2. *Sarcini concentrate discrete*

$$\Omega = M_1 P_1 + M_2 P_2 + M_3 P_3$$

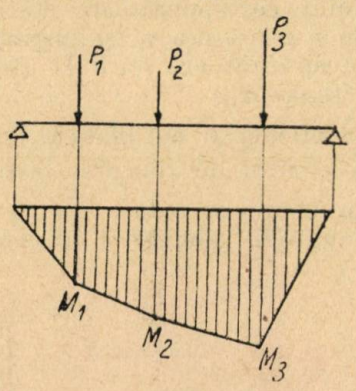


Fig. 5

în general

$$\Omega = \Sigma\, M_i P_i$$

$$L = \frac{1}{\cos\varphi}\left[l + \frac{\Sigma\, M_i P_i}{2H^2}\right].$$

3. *Sarcini uniform distribuite și concentrate*

Se consideră un interval oarecare între două sarcini concentrate consecutive P_i și P_k. Fie $p_x = p$ = constant, mărimea sarcinii uniform distribuite din interval și M_i și M_k momentele încovoietoare în dreptul sarcinilor concentrate (la extremitățile intervalului).

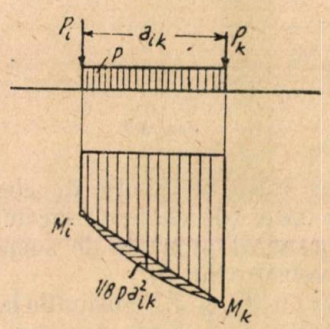


Fig. 6

$$\Omega_{ik} = p\int_i^k M_x\,dx + M_i\,P_i + M_k\,P_k.$$

Expresia $\int_i^k M_x\,dx$ reprezintă aria diagramei momentelor. Ea se compune din aria trapezului de baze M_i și M_k și de înălțimea a_{ik} și din aria parabolei de săgeată $\frac{1}{8}\,p\,a_{ik}^2$ și de coardă a_{ik}. Atunci :

$$\Omega_{ik} = P_i M_i + P_k M_k + p\left[\frac{M_i + M_k}{2}\,a_{ik} + \right.$$

$$\left. + \frac{2}{3} \cdot \frac{p\,a_{ik}^2}{8} \cdot a_{ik}\right] = \left[P_i + \frac{p\,a_{ik}}{2}\right]M_i +$$

$$+ \left[P_k + \frac{p\,a_{ik}}{2}\right]M_k + \frac{p^2 a_{ik}^3}{12}.$$

Se observă că expresia Ω se poate calcula presupunînd că la extremitățile intervalului ar acționa înafara sarcinilor concentrate reale (P_i, P_k) sarcinile concentrate fictive $\frac{pa_{ik}}{2}$. La expresia găsită se adaugă termenul $\frac{p^2 a_{ik}^3}{12}$. Prin înlocuirea sarcinilor uniform distribuite p cu sarcinile concentrate echivalente (fictive) momentele încovoietoare M_i și M_k nu se schimbă *).

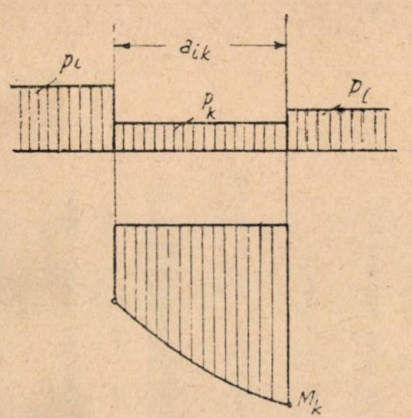


Fig. 7

Se ajunge atunci la următorul procedeu general de calcul:

Se înlocuiesc sarcinile uniform distribuite cu sarcini concentrate echivalente (fictive) Q_i aplicate în secțiunile în care acționează sarcinile concentrate reale P_i. Se calculează sarcinile concentrate totale (rezultante) $R_i = P_i + Q_i$.

In această situație, se determină momentele încovoietoare M_i în dreptul sarcinilor concentrate totale R_i.

Expresia Ω se compune din două părți:

$$\Omega_1 = \Sigma M_i R_i \quad \text{și} \quad \Omega_2 = \Sigma \frac{p^2 d^3}{12}.$$

Deci

$$\Omega = \Omega_1 + \Omega_2 = \Sigma M_i R_i + \Sigma \frac{p^2 d^3}{12}.$$

In același mod se procedează și pentru cazul în care sarcina uniform distribuită suferă un salt. In punctele de discontinuitate se vor introduce sarcinile echivalente (fictive) calculate ca mai sus. Sarcinile concentrate totale (rezultante) vor proveni, de data aceasta, numai din sarcini echivalente fictive

$$R_i = Q_i + Q_k.$$

*) Această proprietate se poate verifica ușor ținînd seama de definiția momentului încovoietor și de teorema lui Varignon, în baza căreia se poate înlocui rezultanta cu componentele ei.

Deși calculul expresiei Ω poate fi efectuat relativ ușor și pentru alte distribuții ale sarcinilor în deschidere, în practică numai cazurile examinate mai sus prezintă interes.

Pentru determinarea ecuației de stare, pornind de la relația (1), se găsește:

$$\frac{L_I}{L_{II}} = \frac{l + \frac{\Omega_I}{2H_I^2}}{l + \frac{\Omega_{II}}{2H_{II}^2}} \simeq 1 + \frac{\Omega_I}{2H_I^2 l} - \frac{\Omega_{II}}{2H_{II}^2 l} =$$

$$= 1 + \alpha(\theta_I - \theta_{II}) + \beta(\sigma_I - \sigma_{II}).$$

Presupunînd tensiunea constantă în lungul firului $H = \sigma S$, ecuația de stare căutată poate fi pusă sub una din formele de mai jos:

$$a) \quad \frac{\Omega_I}{2 s^2 \sigma_I^2 l} - \beta \sigma_I - \alpha \theta_I =$$

$$\frac{\Omega_{II}}{2 s^2 \sigma_{II}^2 l} - \beta \sigma_{II} - \alpha \theta_{II}$$

$$b) \quad \sigma_{II}^3 + \left[\frac{E \Omega_I}{2 s^2 l \sigma_I^2} + E\alpha(\theta_{II} - \theta_I) - \sigma_I\right] \sigma_{II}^2 =$$

$$= \frac{E \Omega_{II}}{2 s^2 l}.$$

Ea permite să se calculeze efortul unitar σ_{II} pentru $\theta = \theta_{II}$ și $\Omega = \Omega_{II}$ cînd se cunoaște valoarea σ_I a acestui efort pentru $\theta = \theta_I$ și $\Omega = \Omega_I$. Se observă că ecuația obținută are aceeași formă cu cea utilizată la calculul liniilor aeriene, din care dealtfel se poate deduce prin înlocuirea

$$\frac{p^2 l^3}{12} = \Omega$$

Exemplu de calcul

Se cere să se determine elementele pentru montaj (tracțiuni-săgeți) și solicitările la care sînt expuși suporții de întindere la un panou de bare colectoare, aparținînd unei stații electrice de transformare de tip exterior.

Calculul se va face în următoarele ipoteze:

1. Temperaturile mediului ambiant
— cea mai ridicată + 40°C,
— cea mai scăzută — 30°C,
— cînd apare chiciura — 5°C.
2. Temperatura conductorului
— cea mai ridicată + 70°C.

Tabela 1

	Denumirea	Dimensiunea	Simbol	Valoarea
	Conductorii			
1	Secţiunea nominală	mm²	S_N	150
2	Secţiunea reală	mm²	S	174,3
3	Secţiunea de aluminiu	mm²	S_A	148,9
4	Secţiunea de oţel	mm²	S_{OL}	25,4
5	Raportul secţiunilor Al/OL		$m = \frac{S_A}{S_{OL}}$	5,86
6	Diametrul total al funiei	mm	d	17,3
7	Greutatea proprie	kg/m	g	0,62
8	Modulul de elasticitate — Alu miniu	kg/mm²	E_A	5 600
	Modulul de elasticitate — Oţel	kg/mm²	E_{OL}	20 000
	Modulul de elasticitate — Echivalent	kg/mm²	$E = \frac{E_{OL} + mE_A}{1 + m}$	7 700
9	Rezistenţa la rupere — totală a funiei	kg/mm²	σ	21
	Rezistenţa la rupere — mantaua de aluminiu	kg/mm²	σ_A	16
	Rezistenţa la rupere — inimă de oţel	kg/mm²	σ_{OL}	120
10	Coeficienţi de siguranţă — Aluminiu	—	δ_A	4
	Coeficienţi de siguranţă — Oţel	—	δ_{OL}	4
11	Coeficient de dilatare — Aluminuu	°C⁻¹	α_A	$23 \cdot 10^{-6}$
	Coeficient de dilatare — Oţel	°C⁻¹	α_{OL}	$11 \cdot 10^{-6}$
	Coeficient de dilatare — Echivalent	°C⁻¹	$\alpha = \frac{\alpha_{OL} E_{OL} + m\alpha_A E_A}{E_{OL} + mE_A}$	$18{,}5 \cdot 10^{-6}$
12	Lungimea deschiderii	m	l	32

	Denumirea	Dimensiune	Simbol	Valoarea
	Legăturile			
1	Secţiunea nominală	mm²	S_{NL}	150
2	Greutatea proprie	kg/m	g_L	0,62
3	Lungimea — Legătura nr. 1	m	L_1	9
	Lungimea — Legătura nr. 2	m	L_2	9
	Lungimea — Legătura nr. 3	m	L_3	9
	Lungimea — Legătura nr. 4	m	L_4	9
4	Clemă de derivaţie	kg	G_L	2
	Izolatorii			
1	Numărul şi tipul elementelor		K_3	8
2	Lungimea lanţului	m	L	1,8
3	Greutatea totală	kg	G	64
4	Sarcina de încercare de 1 min.	kg	I	3 400
5	Coeficientul de siguranţă		δ_{iz}	4
6	Sarcina de rupere a armăturilor	kg	A	6 000
7	Coeficientul de siguranţă		δ_A	4
	Condiţii meteorologice			
1	Grosimea stratului de chiciură pe conductorii orizontali	mm	b	17
2	Grosimea stratului de chiciură pe conductori verticali	mm	b'	15

3. Caracteristicile chiciurii :

— grosimea stratului pe conductorii orizontali $b = 1{,}7$ cm ;

— grosimea stratului pe conductorii verticali $b' = 1{,}5$ cm ;

— greutatea chiciurii pe lanțurile de izolatori $g_{0\,iz} = 0{,}5\ g_{iz}$;

— greutatea specifică a chiciurii $g_0 = 0{,}9$ g cm^3.

4. In toate cazurile nu se va ține seama de acțiunea vîntului.

Datele generale de calcul sînt cele din tabela 1.

Dezvoltarea calculelor și rezultatele parțiale sînt prezentate sub formă de tabele :

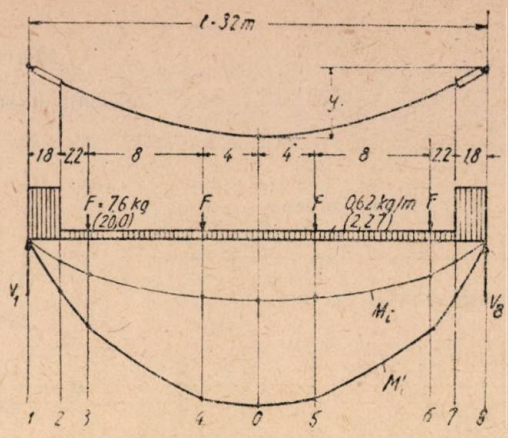


Fig. 8

A. **Incărcări**

	Sarcina	Dimensiuni	Fără suprasarcină		Cu suprasarcină (la − 30°C)	
			Formula	Valoarea	Formula	Valoarea
Distribuite	Greutatea proprie a conductorului	kg/m	g	0,62	$g' = g + 0{,}00283\ b\ (d + b)$	2,27
	Greutatea lanțului de izolatori de întindere	kg/m	$g_{iz} = \frac{G}{L}$	35,5	$g'_{iz} = 1{,}5\ g_{iz}$	53
	Greutatea lanțului de izolatori intermediari	kg/m		—		—
Concentrate	Greutatea legăturii nr. 1	kg	$F = g_L L + G_L$	7,6	$F' = [g_L + 0{,}00283 b\ (d + b)]\ L + G_L$	20
	Greutatea legăturii nr. 2	kg	idem	7,6	idem	20
	Greutatea legăturii nr. 3	kg	idem	7,6	idem	20
	Greutatea legăturii nr. 4	kg	idem	7,6	idem	20

B. **Determinarea cantității Ω**

	Intervalul	d	p	$\frac{p^2 d^3}{12}$	Punctul	M_i	$\Sigma M_i R_i$			
				$\Sigma \frac{p^2 d^3}{12}$			Forțele concentrate			$M_i R_i$
							reale P_i	echivalente $Q_i = \frac{1}{2} p d$	rezultante $R_i = P_i + Q_i$	
		m	kg/m	kg²/m		kg/m	kg	kg	kg	kg²m
Fără suprasarcină	1—2	1,8	35,50	620	2	100	—	32,68	32,68	3 268
	2—3	2,2	0,62		3	152	7,6	3,15	10,75	1 630
	3—4	8	0,62		4	252,8	7,6	5	12,60	3 200
	4—5	8	0,62	50	0	260	—	—	—	—
	5—6	8	0,62		5	252,8	7,6	5	12,60	3 200
	6—7	2,2	0,62		6	152	7,6	3,15	10,75	1 630
	7—8	1,8	35,50	620	7	100	—	32,68	32,68	3 268
				Total $\Omega_1 = 1\,290$				Total $\Omega_2 = 16\,196$		
Cu suprasarcină	1—2	1,8	53	1 360	2	218,5	—	50,5	50,5	11 000
	2—3	2,2	2,27		3	376,5	20,0	11,6	31,6	12 000
	3—4	8	2,27		4	695	20,0	18,2	38,2	26 500
	4—5	8	2,27	670	0	711	—	—	—	—
	5—6	8	2,27		5	695	20,0	18,2	38,2	26 500
	6—7	2,2	2,27		6	376,5	20,0	11,6	31,6	12 000
	7—8	1,8	53	1 360	7	218,5	—	50,5	50,5	11 000
				Total $\Omega_1' = 3\,390$				Total $\Omega_2' = 99.000$		

$\Omega = \Omega_1 + \Omega_2 = 17\,486$ kg²m

$\Omega' = \Omega_1' + \Omega_2' = 102\,390$ kg²m.

C. Eforturi rezistenţe săgeţi

Ecuaţia de stare : $\sigma_{II}^3 + A\,\sigma_{II}^2 = B$

Denumirea	Formula	Dimensiuni	Starea în °C			
			II	II	I	II
			+ 70°	+ 40°	− 5°	− 30°
Coeficienţii ecuaţiei de stare	$A = \frac{\Omega_I E}{2S^2 l \sigma_1^2} + (\theta_{II} - \theta_I)\alpha E - \sigma_I$	kg/mm²	23,70	19,40	—	9,44
	$B = \frac{\Omega_{II} E}{2S^2 l}$	kg²/mm²	69	69	—	69
Rezistenţa totală a funiei	σ	kg/mm²	1,65	1,80	4,8	2,41
Rezistenţa în mantaua de Al	$\sigma_A = \frac{E_A}{E}\sigma + (\alpha_A - \alpha)(15 - \theta)E_A$ $\sigma_A = 0{,}73\,\sigma + 0{,}0251\,(15 - \theta)$	kg/mm²	− 0,175	0,687	4	2,89
Rezistenţa în inima de oţel.	$\sigma_{OL} = \frac{E_{OL}}{E}\sigma = 2{,}6\sigma$	kg/mm²	4,3	4,68	2,49	6,26
Săgeata conductorului	$y = \frac{M_0}{\sigma S}$	m	0,905	0,827	0,855	0,62
Efortul orizontal în stîlp	$H = \sigma S$	kg	287	314	835	420
Efortul vertical în stîlp	$V =$	kg	88	88	168,3	88

D. Verificarea coeficienţilor de siguranţă

	Elementul		Admis	Real
1	Conductori	Aluminiu	4	4
		Oţel	4	9,6
2	Izolatori		4	4,07
3	Armături		4	7,2

E. Efortul şi săgeata la montaj

	Starea în °C					
	− 10	0	+ 10	+ 20	+ 30	+ 40
Rezistenţa totală a funiei, kg/mm²	2,18	2,09	2,01	1,93	1,86	1,80
Tracţiunea, kg	380	365	350	336	324	314
Săgeata, cm	0,685	0,712	0,745	0,775	0,803	0,827

Anexa I. *Ecuaţia de stare.*

Pentru calculul mecanic al conductorilor este necesar să se stabilească o relaţie între solicitările care apar în material la o anumită temperatură şi o anumită sarcină, în funcţie de solicitările corespunzătoare unei alte temperaturi şi sarcini (încărcări).

Această relaţie permite determinarea elementelor pentru montaj (tracţiuni, săgeţi), astfel ca în situaţia cea mai nefavorabilă din punctul de vedere al încărcării şi temperaturii să nu se depăşească valorile admisibile pentru rezistenţe şi săgeţi.

La o anumită stare I (temperatura $\theta = \theta_I$ şi rezistenţa în conductor $\sigma = \sigma_I$) este valabilă relaţia :

$$L_I = L_0\,(1 + \alpha\,\theta_I)\,(1 + \beta\,\sigma_I) \qquad (a)$$

în care :

L_I este lungimea conductorului la starea I ;
L_0 — lungimea conductorului la starea 0 (temperatura $\theta = 0°$ şi rezistenţa mecanică în conductor $\sigma = 0$) ;
α — coeficientul de dilatare termică liniară a materialului din conductor ;
$\beta = \frac{1}{E}$ coeficientul de alungire elastică ;

E — modulul de elasticitate.

In mod analog, pentru starea II (temperatura $\theta = \theta_{II}$ și rezistența în conductor $\sigma = \sigma_{II}$) se poate scrie:

$$L_{II} = L_0 (1 + \alpha \theta_{II}) (1 + \beta \sigma_{II}) \qquad (b)$$

Eliminarea lungimii L_0 între ecuațiile (a) și (b) permite stabilirea unei relații directe între parametri corespunzători celor două stări. In acest scop se procedează prin împărțirea membru cu membru a ecuațiilor (a) și (b):

$$\frac{L_I}{L_{II}} = \frac{(1 + \alpha \theta_I) (1 + \beta \sigma_I)}{(1 + \alpha \theta_{II}) (1 + \beta \sigma_{II})}. \qquad (c)$$

In membrul al doilea α și β fiind foarte mici în raport cu unitatea, se poate scrie cu o foarte bună aproximație:

$$\frac{(1 + \alpha \theta_I) (1 + \beta \sigma_I)}{(1 + \alpha \theta_{II}) (1 + \beta \sigma_{II})} = \frac{1 + \alpha\theta_I + \beta\sigma_I + \alpha\beta\theta_I \sigma_I}{1 + \alpha\theta_{II} + \beta\sigma_{II} + \alpha\beta\theta_{II} \sigma_{II}} \cong$$

$$\cong \frac{1 + \alpha \theta_I + \beta \sigma_I}{1 + \alpha\theta_{II} + \beta\sigma_{II}} = [1 + \alpha\theta_I + \beta\sigma_I] [1 - (\alpha\theta_{II} +$$

$$+ \beta \sigma_{II}) + (\alpha \theta_{II} + \beta \sigma_{II})^2 - \ldots] \cong (1 + \alpha \theta_I +$$

$$+ \beta \sigma_I) (1 - \alpha \theta_{II} - \beta \sigma_{II}) = 1 + \alpha (\theta_I - \theta_{II}) +$$

$$+ \beta(\sigma_I - \sigma_{II}) - \alpha^2 \theta_I \theta_{II} - \beta^2 \sigma_I \sigma_{II} -$$

$$- \alpha \beta (\theta_I \sigma_{II} + \theta_{II} \sigma_I) \cong 1 + \alpha (\theta_I - \theta_{II}) +$$

$$+ \beta(\sigma_I - \sigma_{II}).$$

Relația (c) capătă forma:

$$L_I = L_{II} [1 + \alpha (\theta_I - \theta_{II}) + \beta (\sigma_I - \sigma_{II})]$$

Din condiții geometrice se obțin pentru lungimile L_I, L_{II} expresii de forma:

$$L_I = l \left(1 + \frac{A_I}{\sigma_I^2}\right)$$

$$L_{II} = l \left(1 + \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2}\right)$$

în care s-a notat cu l lungimea deschiderii.

Ținînd seama de faptul că termenii de forma $\frac{A}{\sigma^2}$ sînt foarte mici în raport cu unitatea, se pot admite simplificările de mai jos:

$$\frac{L_I}{L_{II}} = \frac{l \left(1 + \frac{A_I}{\sigma_I^2}\right)}{l \left(1 + \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2}\right)} = \frac{1 + \frac{A_I}{\sigma_I^2}}{1 + \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2}} = \left(1 + \frac{A_I}{\sigma_I^2}\right) \left(1 - \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2} +\right.$$

$$\left. + \frac{A_{II}^2}{\sigma_{II}^4} - \ldots\right) \cong \left(1 + \frac{A_I}{\sigma_I^2}\right) \left(1 - \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2}\right) =$$

$$= 1 + \frac{A_I}{\sigma_I^2} - \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2} - \frac{A_I A_{II}}{\sigma_{II}^2 \sigma_{II}^2} \cong 1 + \frac{A_I}{\sigma_I^2} - \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2}.$$

In felul acesta ecuația de stare devine în cele în urmă:

$$\frac{A_I}{\sigma_I^2} - \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2} = \alpha (\theta_I - \theta_{II}) + \beta (\sigma_I - \sigma_{II})$$

sau

$$\frac{A_I}{\sigma_I^2} - \alpha\theta_I - \beta\sigma_I = \frac{A_{II}}{\sigma_{II}^2} - \alpha\theta_{II} - \beta\sigma_{II}$$

sau

$$\sigma_{II}^3 + \left[\frac{A_I}{\beta \sigma_I^2} + \frac{\alpha}{\beta} (\theta_{II} - \theta_I) - \sigma_I\right] \sigma_{II}^2 = \frac{A_{II}}{\beta}.$$

Anexa II. Coeficientul de dilatare termică și modulul de elasticitate al lanțurilor de izolatori

Dacă se notează cu:

L_i — lungimea totală a lanțurilor de izolatori;

E_i — modulul de elasticitate mediu al lanțului de izolatori;

α_i — coeficientul de dilatare termică mediu al lanțului de izolatori

atunci lungimea întregului fir (conductor + lanțuri de izolatori), la temperatura $\theta°$ și tracțiunea unitară σ, va fi:

$$L = (L_0 - L_i) \left((1 + \alpha\theta + \frac{1}{E} \sigma\right) +$$

$$+ L_i \left(1 + \alpha_i \theta + \frac{1}{E_i} \sigma\right)$$

$$L = L_0 \left\{1 + \alpha \left[1 - \frac{L_i}{L_0} \left(1 - \frac{\alpha_i}{\alpha}\right)\right] \theta + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{E} \left[1 - \frac{L_i}{L_0} \left(1 - \frac{E}{E_i}\right)\right] \sigma\right\}.$$

Din expresia de mai sus rezultă că pentru a ține seamă de influența lanțurilor de izolatori va trebui să se corecteze coeficientul de dilatare termică cu factorul:

$$1 - \frac{L_i}{L_0} \left(1 - \frac{\alpha_i}{\alpha}\right)$$

iar modulul de elasticitate cu factorul:

$$1 - \frac{L_i}{L_0} \left(1 - \frac{E}{E_i}\right).$$

In general, $\alpha_i < \alpha$ și $E_i > E$. Limitele de variație ale termenilor din parantezele mici sînt teoretic 0 și 1. Cum însă lungimea lanțurilor este relativ mică în raport cu lungimea conductorului, practic factorii de corecție pot fi luați egali cu 1 cu riscul comiterii unei erori lipsite cu totul de importanță.

Anexa III. Flexibilitatea lanțurilor de izolatori.

In cele ce urmează se analizează gradul de valabilitate al ipotezei asupra flexibilității perfecte a lanțurilor de izolatori.

Este ușor de verificat faptul că dacă sarcinile care acționează în interiorul deschiderii, distanțele dintre ele, precum și tracțiunea H în conductor nu se schimbă, atunci oricum s-ar prezenta firul din punctul de vedere al rigidității, săgețile rămîn aceleași în punctele de flexibilitate perfectă (articulații). Intr-adevăr în aceste puncte săgeata (3) este :

$$\eta_i = \frac{M_x}{H \cos\varphi}.$$

In condițiile de mai sus M_x, H, cos φ și prin urmare și săgeata η_i nu variază. In schimb lungimea firului se modifică.

Pentru a se putea aprecia gradul de exactitate al rezultatelor corespunzătoare diverselor ipoteze asupra flexibilității lanțurilor de izolatori, va trebui să se analizeze, prin comparație

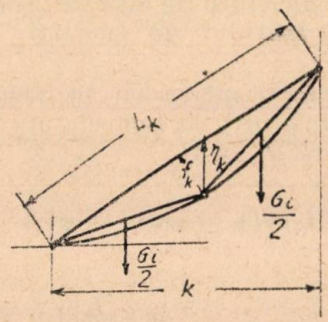


Fig. 9

cu cazul real, diferențele care apar în evaluarea lungimii firului.

Situația cea mai caracteristică este aceea a lanțului de izolatori format din două elemente :

a) Lungimea reală a lanțului de izolatori :

$$L_i = 2\sqrt{\left(\frac{L_k}{2}\right)^2 + f_k^2} = L_k\sqrt{1 + \frac{4f_k^2}{L_k^2}} =$$

$$= L_k\left(1 + \frac{2f_k}{L_k^2}\right)$$

$$f_k = \frac{k}{L_k}\eta_k = \frac{k}{L_k}\cdot\frac{M_k}{H} = \frac{1}{8}\frac{G_i}{H L_k}k^2$$

$$L_i \cong L_k\left(1 + \frac{1}{32}\cdot\frac{G_1^2 k^4}{H^2 L_k^4}\right).$$

b) Lungimea lanțului în ipoteza flexibilității perfecte a lanțului :

$$L_i \cong \frac{1}{\cos\varphi}\left[l + \frac{p^2 l^3}{24H^2}\right] = \frac{1}{\frac{k}{L_k}}\left[k + \frac{p^2 k^3}{24H^2}\right] =$$

$$= L_k\left[1 + \frac{1}{24}\cdot\frac{p^2 k^3}{H^2}\right] =$$

$$= L_k\left[1 + \frac{1}{24}\left(\frac{G_i}{L_k}\cdot\frac{k}{L_k}\right)^2\frac{k^3}{H^2}\right] =$$

$$= L_k\left(1 + \frac{1}{24}\cdot\frac{G_i^2 k^4}{H^2 L_k^4}\right).$$

c) Lungimea lanțului în ipoteza rigidității perfecte a lanțului :

$$L_i = L_k.$$

Eroarea cea mai mare se face în cazul (c) în care se neglijează complet termenul al doilea :

$$\frac{1}{32}\frac{G_i^2 k^4}{H^2 L_k^4}.$$

Ca ordin de mărime acest termen este destul de mic și nu depășește practic valorile de 0,001 —0,003.

In cazul (*b*) cel de al doilea termen nu maeste neglijat, în schimb este introdus cu o valoare cu 33% mai mare decît în realitate, ceea ce poate fi considerat cu totul acceptabil.

Din exemplul prezentat, rezultă că ipoteza flexibilității perfecte a lanțului de izolatori conduce la rezultate apropiate de realitate, chiar în cazul cel mai defavorabil al unui lanț alcătuit din numai două elemente. Natural, cu cît numărul de elemente este mai mare, cu atît aproximația de mai sus va fi mai bună.

Bibliografie:

[1] *Guerndt K.* : Determinarea săgeții liniilor aeriene în cazul lanțurilor de izolatori de întindere grele, ETZ—H5, februarie 1922, pag. 137—140.

[2] *Truxa L.* : Contribuții la calculul panourilor de întindere denivelate cu lanțuri de izolatori de întindere, E.u.M. H33, 1924 pag. 501.

[3] *Engler A.* și Zeindler *A.* : Cercetări în legătură cu tracțiunea și săgeata unui fir în cazul unei încărcări variabile în lungul deschiderii, Bulletin ASE nr. 14, iulie 1929, pag. 454—461.

[4] *Winning K.* : Liniile aeriene și calculele statice în legătură cu ele, Berlin, 1931, pag. 153—158.

[5] *Constantinescu E.* : Calculul mecanic al conductorilor din stațiile electrice exterioare, luînd în considerare efectul greutății concentrate, Energetica, nr. 8—9/1953, pag. 33—39.

[6] *Rozanov G. M.* : Unele probleme în legătură cu calculul părții mecanice a liniilor aeriene, Moscova, 1954, pag. 74—82.

★

ОТНОСИТЕЛЬНО МЕХАНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ГИБКИХ ПРОВОДОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАРУЖНЕГО ТИПА

Резюме

Излагается новый метод позволяющий получить посредством сравнительно удобного расчета достаточно точные результаты для всех встречающихся в практике случаев.

Completări privind problema formulelor aproximative în calculul debitelor maxime

ing. M. CONSTANTINESCU și *Ing. M. GOLDSTEIN*

Articolul cuprinde completări în problema debitelor maxime în raport cu ultimele date hidrologice strînse pentru rîurile din țara noastră

Pe măsura acumulării de observații directe hidrometrice și a prelucrărilor acestora, formulele aproximative de calculul se pot îmbunătăți. Astfel formulelor publicate de noi în revista „Energetica" nr. 5/1953, li s-a putut aduce unele îmbunătățiri în vederea unei corespondențe mai strînse între valorile debitelor maxime și factorii genetici.

Folosind notațiile din vechiul articol formulele care se recomandă în prezent sînt :

— Debitul specific maxim la vîrful hidrografului specific (l/s km^2)

$$q_v = 135\ (L.D)^{-0,33} \qquad (1)$$

— Debitul de vîrf al hidrografului specific (m^2/s)

$$Q_v = 0,135\ F(L.D)^{-0,33}. \qquad (2)$$

— Durata totală a hidrografului de viitură (ore)

$$t_0 = \frac{2,05}{a}(L.D)^{-0,33}. \qquad (3)$$

In expresia de mai sus a este raportul dintre suprafața hidrografului de viitură și dreptunghiul circumscris.

Deoarece relațiile de mai sus sînt utilizate cînd nu există observații directe pentru determinarea lui a se propune realația :

$$a = 0,1 \cdot \lg F. \qquad (3a)$$

Formula (3) de mai sus înlocuiește relația cu același număr din articolul precedent.

$$t_0 = \frac{1100}{q_v} = \frac{2,05}{0,25}(L.D)^{-0,33}.$$

Formula nouă (3) ține seama de forma hidrografului de viitură. Asupra valorii parametrului a se va mai reveni.

Durata de creștere a viiturii este dată de :

$$t_c = 30\ \lg \frac{L}{(10 \cdot i)^{0,5}}. \qquad (4)$$

Lățimea în ore a hidrografului la jumătate din înălțimea sa este :

$$t_m = \frac{t_0}{5,5}. \qquad (5)$$

Formula generală de calcul a debitelor maxime rămîne de forma :

$$Q_p = M_p \cdot F^{0,86} \cdot (L \cdot D)^{-0,33}; \qquad (6)$$

care este aceeași cu formula (11) din articolul precedent.

Volumul undei de viitură

$$V_p = 3\,600 \cdot a \cdot Q_p \cdot t_0 \qquad (7)$$

care îmbunătățește relația (12) din vechiul articol.

Metoda de mai sus presupune o serie de aproximații care au inclus în elaborarea ei unele lipsuri ;

— teoria hidrografelor unitare (teorie pe care se bazează formulele), corespunde doar în parte realității ;

— datele directe care au servit la întocmirea formulelor sînt într-un număr foarte restrîns ;

— o serie de date privind precipitațiile de calcul au fost determinate mai mult pe baze apreciative, în lipsă de valori înregistrate ;

— formulele de calcul prezentate nu sînt elastice, ele nepermițînd interpolarea coeficienților zonali.

In sfîrșit, se mai poate adăuga că, pe baza noilor date comparative, erorile formulelor sînt ceva mai mari decît cele arătate în articol.

Trebuie să ținem seama că la noi în țară, în cazul formulelor aproximative ale debitelor maxime (ca și în alte cîteva domenii ale hidrologiei) se trece în prezent printr-o criză : formulele vechi folosite s-au dovedit a nu fi satisfăcătoare, iar formulele indicate în literatura sovietică de specialitate, nu s-au putut încă adopta (în afara unor cazuri izolate).

Pentru adoptarea formulelor sovietice la noi, ar trebui calculați o serie de coeficienți fizico-geografici ; aceștia nu pot fi încă determinați din cauza unui număr insuficient de date de bază.

In consecință orice formulă nouă, mai bună decît cele vechi, va constitui un aport pozitiv în alcătuirea unor formule aproximative satisfăcătoare.

Ceea ce asigură întîietatea unei formule în raport cu o alta, nu este decît compararea cantitativă cu realitatea și includerea în formulă

de o justă structură genetică a cît mai mulți factori principali. Sub acest aspect nu se poate vorbi de o formulă universal valabilă, în a cărei structură să între toți factorii genetici și să conducă la rezultate exacte. Formulele aproximative se perfecționează pe măsura dezvoltării hidrologiei și se cunosc cazuri în literatură, cînd același autor îmbunătățește formulele sale anterioare (A. V. Oghievschi formulele debitelor maxime provenite din topirea zăpezilor).

Pe baza datelor noi acumulate pînă în prezent s-a reușit să se aducă o serie de corectări și adăogiri coeficienților M_p, astfel încît în prezent recomandăm următoarele valori pentru M_p.

Tabela 1

Zona	Regiuni de munte			Regiuni de deal			Regiuni de șes		
	10%	1%	1,1%	10%	1%	0,1%	10%	1%	0,1%
Sud	15	30	44	12	23	34	8	16	24
Est	13	24	36	10	19	29	7	14	22
Nord-Vest	11	22	32	8	16	25	5	10	18

Pe baza valorilor corecte ale coeficienților M_p, am căutat să comparăm rezultatele obținute prin formule aproximative și pe cale statistică la rîurile cu observații hidrometrice mai îndelungate.

De asemenea s-a părut interesant de a da în paralel și rezultatele unei formule nesatisfăcătoare din punct de vedere genetic, aceasta pentru a demonstra că, uneori formule cu o structură agenetică, pot totuși să conducă la rezultate satisfăcătoare, dacă se aplică pe teritoriul pentru care au fost stabilite. Desigur, folosirea unor formule agenetice trebuie făcută cu precauțiune și numai într-o primă etapă de lucru.

Formula în discuție s-a stabilit de către autori pe baza corelațiilor între debitele maxime din ploi calculate statistic, și debitele medii normale corespunzătoare (Q_0) pentru diverse asigurări.

In fig. 1 sînt date corelațiile, ce au fost trasate pentru 3 asigurări 0,1%, 1% și 10% rezultînd forma generală a formulei:

$$Q_p = 37\ (2 - \lg\ p).Q_0^{0,75}. \qquad (8)$$

Analog s-a putut formula o relație de calcul și pentru debitele de primăvară (din topirea zăpezilor) de forma:

$$Q_p = 13\ \cdot (3 - \lg\ p)\ Q_0^{0,75}. \qquad (9)$$

In tabela 2 sînt date rezultatele comparative ale aplicării pe rînd a calculului statistic și a celor

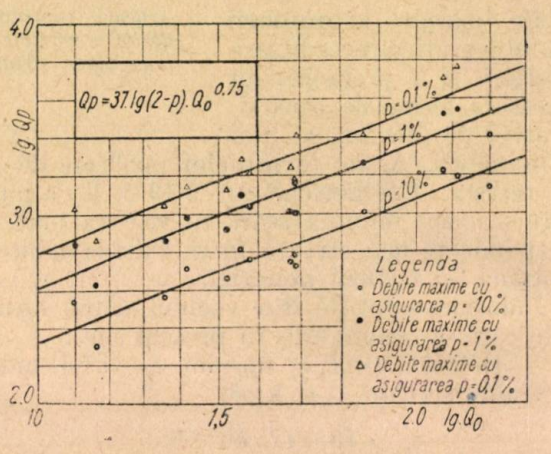


Fig. 1

două formule aproximative pentru calculul debitelor maxime provenite din ploi torențiale.

Din examinarea rezultatelor cuprinse în această tabelă, rezultă că pentru ambele formule, la rîurile examinate, diferența între debitele maxime calculate statistic și debitele maxime calculate prin formule aproximative, este de maximum + 44%—21% pentru prima formulă și maximum + 48%—29% pentru cea de a doua. Cum asemenea diferențe se întîlnesc în mod curent la aplicarea oricărei formule aproximative, rezultă că ambele formule dau valori acceptabile pentru debitele maxime provenite din precipitații, cel puțin la punctele din tabela 2. Deoarece prima formulă are o bază genetică ea se poate folosi

Tabela 2

Debite maxime — rezultate comparative

Nr. crt.	Riul	Mira	F km²	$L.D.$ km²	Q_0 m³/s	Q_p statistic			$Q_p = M_p \times E$			$Q_p = 37\ (2-\lg.p)\ Q_{0j}^{0,75}$			Abateri formula 6			Abareri formula 8		
						0,%	1%	10%	0,1%	1%	10%	0,1%	1%	10%	0,1%	1%	10%	0,1%	1%	10%
1	Vișeu	Bistra Vișeu	1520	2000	33,1	1320	840	460	1440	990	490	1530	1020	510	9	16	6	16	21	11
2	Someș	Satu Mare	15500	51000	12,0	5210	3340	1650	3170	2110	1060	4020	2680	1320	−39	−34	−36	−23	−20	−19
3	Someșul Mic	Cluj	1210	2900	14,5	720	430	200	880	610	300	830	550	280	22	42	50	15	28	40
4	Crișul repede	Oradea	2180	7500	23,0	1120	730	370	1110	740	370	1160	780	390	−1	2	0	3	7	31
5	Mureș	Tg. Mureș	4120	10000	49,0	1550	1010	520	1730	1150	580	2050	1360	680	15	14	12	32	34	5
6	Mureș	Arad	27300	108000	161	3380	2470	1360	3520	2250	1130	5000	3340	1670	4	−9	−17	48	35	23
7	Timiș	Lugoj	2730	18000	36,5	1960	1270	640	1540	1050	530	1650	1100	550	−21	−18	−18	−16	−14	−14
8	Jiu	Podari	9240	19000	73,3	2650	1820	1020	3370	2270	1190	2790	1860	930	27	25	17	6	3	− 9
9	Olt	Bujoreni	15500	49500	133	5900	3500	1530	5020	3420	1710	4380	2920	1460	−15	−3	12	−26	−17	− 5
10	Argeș	Budești	9160	46000	49,0	2580	1440	600	2450	1660	870	2050	1360	680	−5	15	45	−21	− 6	14
11	Vedea	Cervenia	5070	15000	12,7	1060	700	350	1510	1010	500	750	500	250	42	44	43	−29	−29	−29
12	Ialomița	Slobozia	9250	33000	37,6	1670	1110	570	2380	1600	820	1690	1120	560	42	44	44	1	1	−2
13	Bistrița	Cîrnu	4070	16000	48,0	1760	1130	580	1870	1250	680	2020	1340	670	6	11	17	14	18	16
14	Trotuș	Adjud	4360	10600	26,5	1410	950	510	1760	1160	610	1300	870	430	25	22	20	−8	− 8	−16

cu o siguranță mai mare și pentru alte rîuri; cea de a doua formulă, nefiind construită genetic, poate fi aplicată pentru alte rîuri, numai cu mare atenție.

In sprijinirea formulelor prezentate în „Energetica", nr. 5/1953 vom face însă o serie de precizări.

Una din aceste precizări se referă la rezultatul a = const. rezultat ce este interpretat uneori ca o dovadă a inaplicabilității formulelor.

Autorii au considerat dimpotrivă că a = cons constituie o dovadă a aplicabilității formulelor. Intr-adevăr, pentru calculul viiturii de primăvară A. V. Oghievschi consideră $a = 0{,}5$ (asimilarea cu un triunghi — formula A. V. Oghievski din anul 1938); pentru viiturile din ploi torențiale D. L. Sokolovski, consideră $a = 0{,}27$ —0,29 (deci aproximativ constant) din considerațiile că la urcare hidrograful ar avea o formă parabolică de gradul II, iar la coborîre de gradul III. Este interesant de remarcat că dacă ambele curbe ar fi asimilate cu parabole de același ordin, atunci a ar fi fost riguros constant ($a = 0{,}33$ pentru parabole de gradul II și $a = 0{,}25$ pentru parabole de gradul III).

Desigur că a considera a = const. reprezintă totuși o aproximație. Acest lucru s-a cunoscut și sa căutat să se aproximeze mai bine. Din studiul mai multor hidrografe de viitură a rezultat că a în general crește odată cu creșterea suprafeții bazinului de recepție, variind cam între 0,22 și 0,30 putînd avea pentru bazine mari valori pînă la 0,40. Din datele care au stat la dispoziție pînă în prezent, ar rezulta că valoarea lui a poate fi aproximată cu formula:

$$a = 0{,}1 \lg F, \qquad (3\,a)$$

în care: F este suprafața bazinului de recepție în km².

O altă precizare care se socotește necesară este aceea a resurselor folosite în alcătuirea formulelor (1) și (3).

Formula (1) are o structură foarte asemănătoare cu o formulă indicată de Snyder pentru calculul hidrografelor unitare sintetice [6].

Formula (1) a fost determinată pe baza datelor hidrometrice înregistrate care au stat la dispoziție, date ce sînt prezentate în tabela 3 iar în fig. 2 este reprezentată corelația ce a condus la stabilirea acestei formule (fig. 2). Se remarcă la corelația din fig. 2 (rezultată din datele hidrometrice ale unor rîuri din țara noastră, uneori complet diferite din punct de

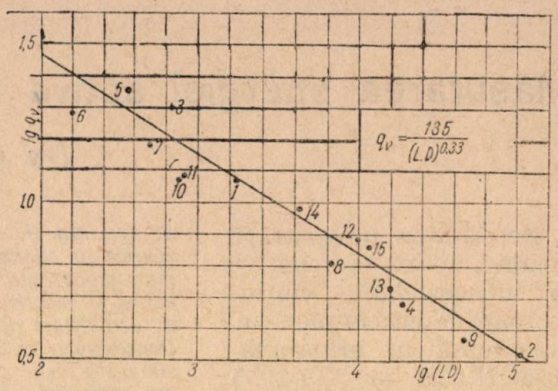


Fig. 2

vedere hidrologic) dispersiunea mică a punctelor față de valorile formulei (1).

Tabela 3

Date de bază pentru hidrograie unitare rezultate din înregistrări directe

Nr. crt.	Rîul	Mira	F km²	$L \cdot D$ km²	q_v 1/s km²	t_0 ore	t_m ore
1	Vișeu	Bistra	1 520	1 980	11,7	102	16
2	Mureș	Arad	27 300	108 000	3,3	216	70
3	Jiul Rom	Bărbăteni	344	670	19,8	60	11
4	Jiu	Poduri	9 240	19 100	4,8	141	47
5	Sadu	Sadu II	225	365	22,4	54	10
6	Lotrioara	Gura Prejbii	108	160	19,0	48	10
7	Argeș	Tunel	284	500	15,2	72	12
8	Argeș	Bănănăi	3 110	6 600	6,4	176	28
9	Argeș	Budești	9 160	46 600	3,7	188	63
10	Vîlsan	Brădet	127	760	11,8	94	14
11	Siret	Serbănești	2 100	9 700	7,6	180	29
12	Moldova	Prisaca	6 521	810	11,9	120	13
13	Bistrița	Cîrnu	4 070	16 000	5,4	198	25
14	Trotuș	Rîpile	3 980	4 290	9,6	86	25
15	Trotuș	Adjud	4 360	10 700	7,2	120	31

Formula (3) are structura formulei (38,12) dată de A. V. Oghievski în Hidrologia uscatului (Moscova 1952 pag. 362) în care formulă, semificația lui n este identică cu a lui a raportul lor fiind egal cu 10^4

Considerăm că prin completările și observațiile de mai sus, formulele aproximative pentru debitele maxime prezentate în „Energetica" nr. 5/1953 își formează o bază justificativă mai bună, fiind și îmbunătățite prin prezentarea unor noi propuneri privind valorile coeficienților M_p și a.

★

ДОПОЛНЕНИЕ К ВОПРОСУ О ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫХ ФОРМУЛАХ ПРИ РАСЧЕТЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ

Резюме

Статья содержит дополнения к вопросу о максимальных расходах в связи с последними гидрологическими данными собранными для наших рек.

Măsurarea energiei active și reactive cu contori monofazici

Ing. G. BRENNER

Se prezintă în lumina experienței sovietice scheme de conexiuni pentru folosirea contorilor monofazici, pentru măsurarea energiei active și reactive în rețele trifazice, problemă de actualitate din lipsa contorilor trifazici. Deasemenea se descrie un indicator de faze simplu și ușor de realizat pentru determinarea succesiunii fazelor, operație necesară la montarea corectă a contorilor monofazici.

Necesitatea înregistrării energiei active și reactive la întreprinderile consumatoare de curent electric, accentuată în urma apariției H.C.M. nr. 188/1955 care condiționează tarifarea energiei de valoarea factorului de putere realizat, precum și lipsa actuală de contori trifazici pentru măsurarea acestei energii, reclamă folosirea în acest scop, a contorilor monofazici, fabricați în țară în cantități suficiente.

Intr-adevăr folosirea contorilor monofazici în sisteme trifazice cu sarcină echilibrată (sarcină motorică) sau chiar în sisteme cu o asimetrie a sarcinei care nu depășește 5% este un numai posibilă, dar chiar satisfăcătoare, deși în raporturile între consumator și furnizorul de energie înregistrările contorilor monofazici nu pot constitui o bază pentru facturarea energiei consumate în rețele trifazice, datorită prevederilor legale în vigoare.

Utilizarea contorilor monofazici poate satisface însă în cea mai mare măsură nevoia înregistrărilor de consum de energie în punctele interioare ale întreprinderii, în vederea defalcării corecte a consumului pe secții, cicluri de fabricație, receptori individuali, constituind astfel baza de plecare pentru determinarea consumurilor specifice de energie electrică precum și pentru stabilirea normelor corespunzătoare de consum.

Dat fiind lipsa parțială de contori trifazici, folosirea contorilor monofazici pentru măsurarea energiei active și reactive, poate constitui un mijloc important pentru realizarea sarcinilor de stabilire, raționalizare și normare a consumului specific de energie electrică în cadrul acțiunii generale de economisire a energiei. In acest scop se expun pentru cercurile largi de tehnicieni de producție schemele de consum corespunzătoare.

In literatura sovietică se recomandă pentru măsurarea energiei active în rețele trifazice cu sarcini repartizate simetric folosirea a două scheme, care sînt redate în fig. 1 și 2. Aceste scheme se pot folosi și în cazurile rețelelor cu sarcină motrică (trifazată) care suferă o asimetrizate prin adăogarea consumului pentru iluminatul electric, dacă aceasta nu depășește 15% din consumul total de energie. In caz că asimetria sarcinii depășește 5% înregistrările contorului monofazic vor da erori considerabile.

Din fig. 1 rezultă că bobina de intensitate a contorului monofazic se conectează la diferența intensităților a două faze, ale căror vectori de direcție sînt dispuși la distanța unei faze intercalate (de exemplu faza R — faza T), iar bobina de tensiune este legată la tensiunea dintre aceleași faze. In consecință la conectarea bornelor contorului trebuie acordată o atenție

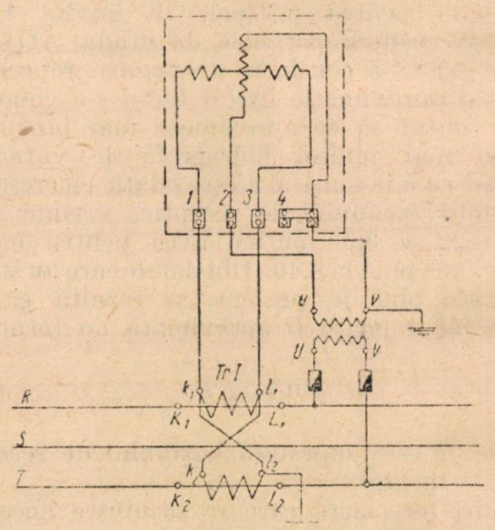


Fig. 1

deosebită respectării acestei succesiuni de faze cu ajutorul fazometrului. Dacă bobina de intensitate este legată la fazele R și T (considerînd succesiunea normală a vectorului sistemului trifazat drept R-S-T) atunci bobina de tensiune va fi legată de asemenea la R și T. In cazul că bobina de intensitate se conectează la diferența intensităților din fazele S-R, atunci și bobina de tensiune se racordează la fazele S-R și așa mai departe.

Varianta	Intensitate	Tensiunea
1	$I.R.-T$	$U.R.-T$
2	$I.S-R$	$U.S-R$
3	$I.T-S$	$U.T.-S$

Spre ușurarea executării conexiunilor se poate folosi tabela de mai sus, care cuprinde variantele de conectare.

Fig. 1 redă situația măsurării energiei într-o rețea de înaltă tensiune cu folosirea reductorilor de intensitate și tensiune, corespunzători. Inainte de executarea legăturilor la acești reductori, se va stabili prin determinarea succesiunii fazelor cu ajutorul unui indicator de faze, varianta aleasă din tabela de mai sus, evitîndu-se în mod categoric orice greșală ca de exemplu legături între fazele *T-R*, *R-S* sau *S-T*.

La alegerea tipului transformatorilor de intensitate trebuie ținut seama de faptul că bobina de intensitate a contorului conform schemei — se conectează pe diferența intensităților a două faze și că deci intensitatea care trece prin contor va fi egală cu intensitatea de linie, adică intensitatea pe fază înmulțită cu $\sqrt{3}$.

Pentru determinarea energiei active consumate în sistemul trifazic, la folosirea schemei reprezentate în fig. 1 se va inmulți indicația contorului (diferența înregistrărilor la un interval de timp stabilit) cu produsul între coeficienții de transformare de intensitate, respectiv de tensiune.

In afară de respectarea obligatorie a succesiunii fazelor, trebuie îndeplinite și următoarele condiții :

a) Penele de legătură între bornele de intensitate și de tensiune ale contorului să fie neapărat desfăcute și scoase.

b) Să se respecte întocmai polaritatea reductorilor de măsură după cum urmează :

Dacă însemnăm capetele de la începutul înfășurărilor secundare ale transformatoarelor de intensitate cu k_1 și k_2, respectiv cele terminale ale înfășurărilor secundare cu l_1 și l_2 atunci borna *1* a contorului se va lega numai la borna k_1 care la rîndul ei va fi legată cu borna l_2 (capătul terminal al înfășurări secundare a transformatorului de intensitate *TrII*). Pe de altă parte borna *3* a contorului va fi conectată la capătul terminal l_1 al transformatorului *TrI*, borna l_1 fiind legată direct cu borna k_2 a transformatorului *Tr II*. In nici un caz nu se vor inversa aceste legături.

Se înțelege că bornele secundare $k_1 - l_1$, respectiv $k_2 - l_2$ corespund cu bornele primare $K_1 - L_1$ și $K_2 - L_2$.

In mod corespunzător, însemnînd bornele primare ale transformatorului de tesniune cu *U* și *V* iar cele secundare cu *u* și *v* legăturile acestuia se vor executa numai după modul arătat în fig. 1.

Schema a doua recomandată pentru folosirea contorilor monofazici în rețele trifazate, este reprezentată în fig. 2 și spre deosebire de prima schemă — aceasta folosește pentru alimentarea contorului intensitățile și tensiunile pe fază (nu cele de linie).

Schema este executată ca și în primul caz, pentru măsurarea energiei într-un sistem de mare tensiune și deci se folosesc reductori de măsură. Pentru reducerea tensiunii se pot folosi două transformatoare de tensiune, legate în „W" (ca în agregatele normale de măsură pentru energia trifazată) sau un transformator de tensiune trifazic. In primul caz se folosesc rezistențe suplimentare pentru crearea unui punct neutru artificial, iar în cazul folosirii unui transformator de tensiune trifazic, bobina de

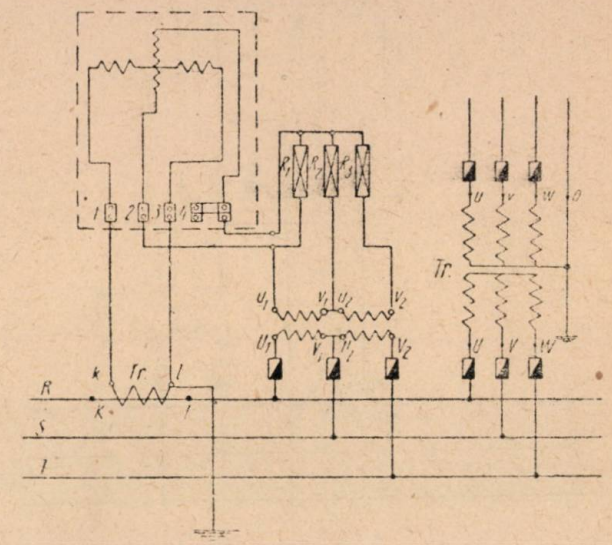


Fig. 2

tensiune a contorului se conectează între faza și neutrul acestui transformator (bornele *2* și *4* ale contorului se leagă în acest caz la bornele *u* respectiv *o* ale transformatorului de tensiune trifazic).

La folosirea schemei din fig. 2 se determină energia trifazică consumată prin înmulțirea indicației contorului *D* (diferența între două înregistrări consecutive) cu 3 și cu produsul coeficienților de transformare respectivi (f_i pentru intensitate și f_t pentru tensiune). Deci energia consumată va fi egală cu :

$$N = 3 \times D \times f_i \times f_t \ldots . \text{kWh}.$$

Și în acest caz, bineînțeles respectarea polarității transformatorilor de măsură, precum și a legăturilor indicate în schemă este obligatorie. In schimb, măsura exercitîndu-se pe principiul măsurii monfazice [(înmulțite ulterior cu 3) determinarea succesiunii fazelor în acest caz nu este necesară.

Trebuie avut în vedere însă că contorul nu primește tensiunea de linie, ci aceea pe fază $\left(U_f = \frac{U_2}{\sqrt{3}}\right)$ și că în consecință contorii care vor fi folosiți în astfel de scheme, trebuie reetalonați în prealabil într-un laborator de specialitate.

Pentru măsurarea energiei reactive în sisteme trifazate cu sarcini echilibrate, se pot folosi contori monofazici , montați conform schemei din fig. 3. Schema este satisfăcătoare și în cazul sarcinilor echilibrate cu o asimetrie de tensiune de maximum 5%.

Erorile contorului pentru energia reactivă sînt practic acceptabile. Schema este simplă

și ușor de realizat, fără nici un utilaj suplimentar, față de un montaj normal de măsurarea

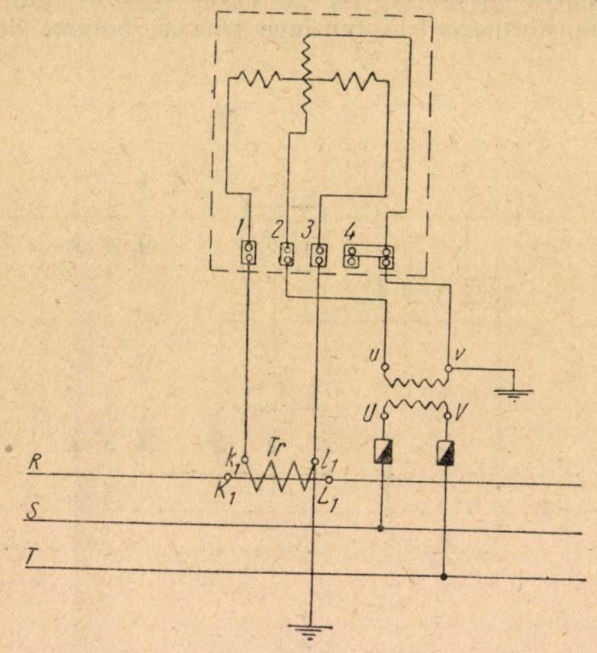


Fig. 3

energiei. Se folosesc tensiunile și intensitățile pe fază (nu cele de linie).

In cazul măsurării energiei reactive (similar cu schema din fig. 1 pentru energia activă) este indispensabilă (determinarea precisă a succesiunii fazelor din sistemul trifazat cu unul din mijloacele cunoscute. De asemenea trebuie respectată întocmai polaritatea transformatoarelor de măsură și ordinea de conexiuni la contor conform schemei.

Astfel în caz că borna *1* a contorului se leagă la faza *R*, atunci în mod obligatoriu borna *2* a bobinei de tensiune a contorului se va lega la faza *S*, iar borna *4* a aceleiași bobine la faza *T*.

Tabela de mai jos arată variantele posibile de conectare a contorului monofazic pentru măsurarea energiei reactive.

Varianta	Intensitate	Tensiunea
1	I_R	$U_S - T$
2	I_S	$U_T - R$
3	I_T	$U_R - S$

Pentru determinarea energiei reactive consumate, se va înmulți indicația contorului *D* (diferența între două înregistrări consecutive) cu $\sqrt{3}$ și cu produsul coeficienților de transformare respectivi (f_i pentru intensitate și f_t pentru tensiune) adică energia reactivă consumată va fi egală cu :

$$Q = \sqrt{3} \times D \times f_i \times f_t \qquad \text{kvar/h.}$$

Factorul de putere se va determina prin împărțirea consumului de energie reactivă la consumul de energie activă, obținîndu-se tg φ, iar din tabelele cunoscute se va extrage valoarea corespunzătoare pentru cos φ.

Din cele arătate la descrierea schemelor de montaj din fig. 1 și 3 rezultă că, cunoașterea succesiunii fazelor, adică a sensului de rotație al sistemului vectorial trifazic, este o condiție esențială pentru montarea corectă a contorilor, întrucît prezența unui indicator rotativ de faze (fazometru) nu este totdeauna asigurată. In fig. 4 este redată schema unui indicator static

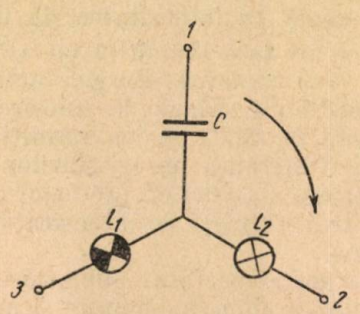


Fig. 4

de construcție foarte simplă, care poate fi ușor executată în orice atelier electric industrial.

Indicatorul static pentru identificarea fazelor se compune dintr-o placă din material izolant (pertinax, ebonită etc.) pe care se montează cele două becuri L_1 și L_2, precum ai un condensator de circa 0,01—0,05 μF, arătate în fig. 4.

In cazul rețelelor de 110 V respectiv 220 V se folosește cîte un bec de 110 respectiv 220 V pe fiecare din două faze ale dispozitivului montat în conexiunea „stea", pe faza a treia fiind montat condensatorul. In cazul rețelelor de 380 V sau 500 V se vor folosi cîte 2 respectiv trei becuri de 220 V legate în serie pe fiecare din cele două faze ale indicatorului, pentru a preveni arderea becurilor în timpul funcționării indicatorului. Becurile folosite vor fi de puteri egale, cuprinse între 15—60W.

In locul condensatorului se poate monta și o bobină de inducție cu miez de fier cu o inductanță de circa 0,2—1 H corespunzătoare reactanței capacitive a condensatorului. Conectînd capetele libere ale dispozitivului descris la fazele unei rețele trifazice, unul din becuri va arde cu lumină puternică, iar celelalte cu lumină închisă. Dacă presupunem în mod arbitrar că am fi conectat condensatorul la faza *R*, atunci faza *S*, va fi aceia la care este conectat becul care arde cu un flux luminos intens fig. 4).

In consecință, în orice poziție vom conecta indicatorul nostru la rețea, succesiunea fazelor, corespunzătoare cîmpului rotativ al sistemului trifazic, va fi totdeauna următoarea : condensator-bec luminos — bec întunecos.

Explicația pentru diferența luminozității becurilor montate pe faze diferite, se găsește

în diagrama vectorială din fig. 5. Într-adevăr, dacă pe toate fazele indicatorului static sarcinile active şi cele reactive ar fi egale, atunci diagrama vectorială a tensiunilor de faze ar fi reprezentată printr-o stea simetrică cu punctul neutru la centrul cercului. Cum însă pe una din fazele indicatorului este montat un condensator, adică o sarcină pur capatitivă, tensiunea de fază a acestei faze va fi deplasată faţă de poziţia ei simetrică cu un unghi oarecare, ceea ce înseamnă în diagrama vectorială o deplasare a punctului neutru. Acest fapt are drept urmare mărirea tensiunii din faza imediat următoare celei cu sarcina capacitivă, respectiv micşorarea tensiunii din faza a treia explicînd astfel diferenţa luminozităţii becurilor de pe fazele respective.

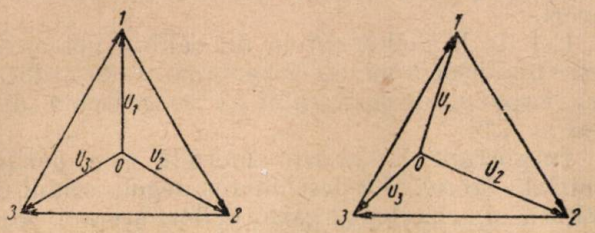


Fig. 5. Diagramă vectorială
a) Reactanţe egale pe faze $U_1 = U_2 = U_3$
b) Reactanţe neegale pe faze U_2 U_1 U_3

Indicatorul static este, după cum se vede foarte uşor de realizat cu mijloace simple, la îndemîna fiecărui atelier electric.

Mînuirea lui simplă şi precizia indicaţiilor îl recomandă în special pentru scopul realizării schemelor de montaj descrise mai sus.

Bibliografie

[1] *Kofranov K. A.* : Determinarea consumului de energie activă şi reactivă cu contori monofazici, Bul. Energetic, nr.12/1947.

[2] *Nikitin B. A.* : Indicatorul static de faze, Rev. Energeticianul nr. 3/1955.

[3] *** : Manualul Ing. Electrician, Vol. I, Măsurarea energiei electrice contorii-electrici", 1953.

Indicator de deplasare axială pentru turbine

Ing. I. STERN

Poziţia corectă a unui rotor de turbină în sensul axial, este asigurată prin lagărul axial, care preia împingerea axială rezultată din scurgerea aburului prin turbină.

Avarierea lagărului axial duce inevitabil la atingeri axiale ale labirinţilor şi paletelor rotorice de cele statorice şi deci la avarierea gravă a turbinei.

După cauza topirii compoziţiei lagărului, procesul de distrugere a lagărului poate să fie lent, eventual chiar în etape, sau brusc.

Cu excepţia unor erori grave de exploatare, începutul topirii este lent şi deci prin urmărirea sistematică a poziţiei rotorului se pot preveni atît avarierea lagărului cît şi a turbinei în general.

Avariile lagărului axial pot proveni din :

I. *Presiune axială prea mare datorită* :

a) loviturilor de apă ;

b) joc prea mare la etanşările diafragmelor ;

c) depuneri de săruri pe palete şi deci schimbarea gradului de reacţie.

II. *Defecte ale sitemului de ungere* :

a) uleiul murdar cu impurităţi mecanice ;

b) uleiul în cantitate insuficientă ;

c) ulei de calitate inferioară şi cu conţinut ridicat de apă.

III. *Lucrări de reparaţie executate defectuos* :

a) turnarea pastilelor din material necorespunzător ;

b) ajustarea incorectă a pastilelor ;

c) joc necorespunzător între pastile sau joc axial prea mic sau prea mare ;

d) aşezarea necorectă a ştiftului de fixare ;

e) rizuri pe suprafaţa discului.

Distrugerea lagărului axial prin topirea babitului (B—83 = 83% Sn, 10—12% Sb, 5,5—6,5% Cu) de pe pastile se face adeseori într-un timp mai lung, timp în care are loc o ridicare de temperatură de 1—3°C pe care personalul de exploatare o poate trece cu vederea, după care, începutul topirii (cu frecări mari şi ridicări bruşce de temperatură) se desfăşoară în timp

foarte scurt care deasemenea poate fi trecut cu vederea.

De aceea este necesar ca la toate turbinile să existe posibilitatea că în afara termometrului de pe lagărul axial să mai existe şi alt mijloc de indicare a începutului de deteriorare a pastilelor şi care să atragă atenţia personalului.

In prezentul articol vom arăta după mijloace folosite cu bune rezultate pentru măsurarea jocului axial la una din centralele din ţara noastră.

Măsurarea jocului cu calibrul potcoavă.

Cea mai simplă măsurare a jocului axial se face cu o potcoavă de forma celei din figura 1.

In locul „spionilor" se pot folosi calibre confecţionate la centralele respective. Se construiesc cel puţin două calibre : unul care intră între axul turbinei şi umărul potcoavei şi al doilea care nu intră. De îndată ce se observă că distanţa „b" s-a mărit (calibrul gros intră în spaţiul „b") personalul trebuie să ia măsurile prescrise.

Conform PET personalul este obligat să măsoare cu spionii sau cu calibrele jocul axial la schimbări brusce în regimul de funcţionare a

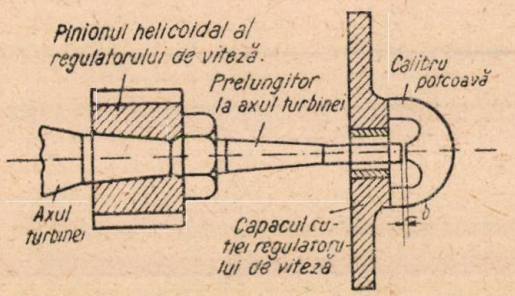


Fig. 1

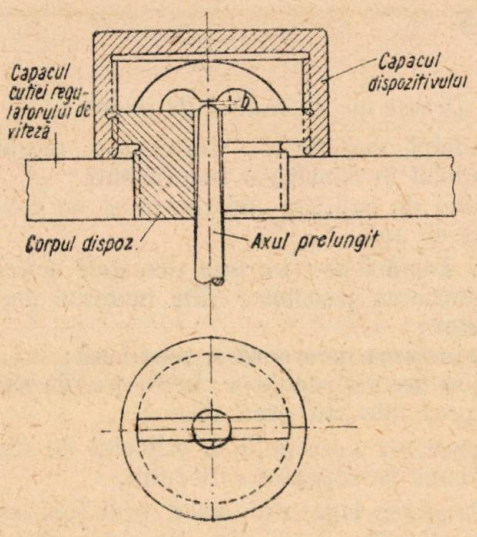


Fig. 2

turbinei, precum şi la primirea şi predarea schimbului.

Se folosesc două sisteme de calibre potcoavă :

— unul mobil (fig. 1.) ;

— unul fix pe corpul dispozitivului (fig. 2).

Prima metodă este mai nepotrivită deoarece personalul de exploatare trebuie să ţină şi calibrul potcoavă ceea ce poate da naştere la erori.

Cel de la doilea sistem de calibru potcoavă, este mai uşor de mînuit de personal. Se deşurubează capacul dispozitivului şi se măsoară distanţa „b".

Important în această metodă este poziţia iniţială (zero). La deschiderea regulatorului de viteză şi schimbarea garniturilor, această poziţie trebuie din nou notată în registrele de dispoziţie ale turei.

Dezavantajul acestei metode este că măsurarea nu se face continuu.

In Fig. 3 este redat principiul de funcţionare al acestui indicator.

— Un transformator cu trei miezuri are trei bobinaje ;

— unul central primar cu n_1 spire şi două secundare pe miezurile exterioare cu n_2 şi n_3 spire.

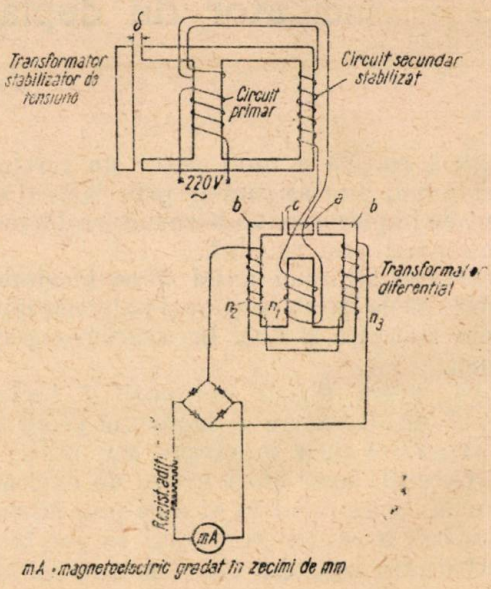
Fluxul magnetic se închide prin piesa a, care lasă două întrefieruri c şi d, inegale.

Pentru anumite poziţii ale piesei „a", forţele electromotrice, induse în bobinajele n_1 n_2 se anulează astfel că prin miliampermetru nu trece nici un curent.

Această poziţie de zero corespunde cu poziţia normală a rotorului turbinei.

La funcţionarea turbinei, datorită împingerii axiale, rotorul turbinei se deplasează şi odată cu el şi piesa a.

Aceasta face ca întrefierul c să se mărească în detrimentul intrefierului d (sau viceversa) echilibrul din puntea cu redresor de seleniu să



mA - magnetoelectric gradat în zecimi de mm

Fig. 3. Principiul de funcţionare a indicatorului de inductanţă

dispară şi prin miliampermetru să treacă un curent proporţional cu deplasarea axială a turbinei. Gradînd miliampermetrul direct în zecimi de milimetri, vom căpăta indicaţii de deplasare axială.

Pentru ca aceste indicații să nu fie în funcție de tensiunea primară și pentru a se utiliza tensiuni reduse, nepericuloase se folosește un transformator stabilizator de tensiune, al cărui miez lateral este deplasat astfel ca circuitul magnetic secundar să fie saturat.

Datorită acestei construcții, o variație de tensiune de ± 10% în primar produce o variație de ± 0,6% în secundar.

În scopul folosirii aparatelor de curent continuu magneto electrice de mare precizie, se folosește o punte cu redresori uscați, fierseleniu, legate cu o diagonală a secundarului transformatoarelor în opoziție și pe altă diagonală prin intermediul unor rezistențe adiționale cu un miliampermetru magneto-electric.

Realizarea practică a indicatorului.

Se modifică axul prelungit al turbinei în sensul ca el să capete forma din fig. 4.

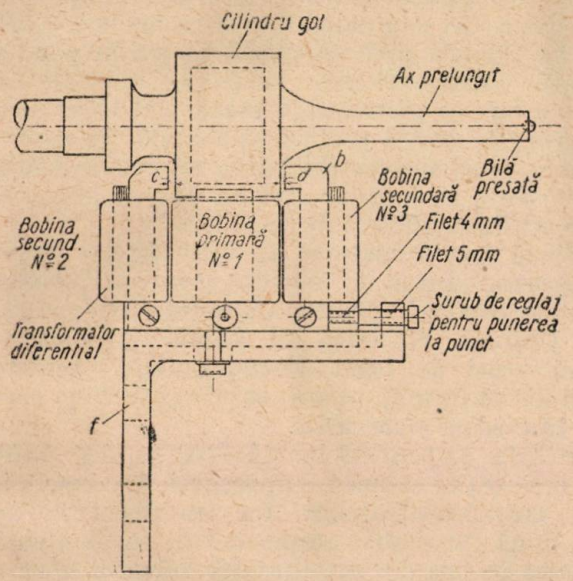


Fig. 4. Indicator electromagnetic pentru deplasarea axială

Cilindrul „a" complet gol face corp comun cu axul prelungit și deci se rotește cu turația mașinii.

El face parte din miezul transformatorului diferențial și lasă două intrefieruri c și d cu miezurile b ale circuitelor secundare.

Transformatorul diferențial este fixat pe o consolă în cutia regulatorului de viteză și cu posibilități de culisare.

El este făcut din tablă specială de transformator, cu izolație de hîrtie; bobinajul primar alimentat la 220 V este din sîrmă cu izolație email cu 600 spire de Ø 0,3 mm.

Bobinajul secundar n_2 are 750 spire izolate cu email cu Ø 0,15 mm iar bobinajul secundar n_3 are 500 spire izolate cu email cu Ø 0,3 mm.

Intrefierul c este de 2 mm iar d de 1 mm.

Tolele din bobina primară sînt prelucrate în formă de șea, pentru a permite rotația cilindrului a.

Intregul transformator diferențial poate culisa în sens axial cu ajutorul unui șurub de punere la punct.

Acest șurub are două fileturi, unul de 5 mm la consola de fixare și altul de 4 mm, la transformator.

La o rotație completă a șurubului, transformatorul se deplasează cu 1 mm.

Șurubul se folosește numai inițial pentru fixarea poziției de zero.

Bobinajul primar al transformatorului stabilizator este alimentat la tensiunea de 220 V.

Pe miezul central, cu secțiune de 6 cm² se bobinează cu sîrmă izolată cu email 2200 spire cu Ø de 0,3 mm.

Bobinajul secundar pe miezul de secțiune de 3 cm² se face cu sîrmă izolată cu email cu 150 spire de 0,5 mm Ø și se obține o tensiune de 12 V.

Distanța δ necesară pentru asigurarea saturației miezului se determină prin încercări succesive.

Folosind documentația sovietică și cu mijloace locale Tov. Ing. Roșca Nicolae de la Laboratorul Electric al Termocentralei Comănești a calculat, adoptat și executat regulatorul descris.

El are următoarele avantaje:

1. — Măsurarea continuă.
2. — Indicații foarte exacte.
3. — Ușurează exploatarea și dă siguranță personalului de serviciu.
4. — Permite montarea dispozitivului n calibru potcoavă pentru verificare.

Concluzii.

Mijloacele descrise în prezentul articol tind să aducă o contribuție la editarea urmărilor distrugerii lagărului axial.

Din practica de pînă acum se constată că introducerea acestor metode apără viața mașinii și se recomandă introducerea lor la toate turbinele peste 6 MW.

Pentru instalațiile mai puțin pretențioase se recomandă dispozitivul calibru potcoavă fix (Fig. 2).

Transformatoarele

Cap. 29

Ing. GH. I. MANOLESCU

Pentru ca releul de gaze să reacţioneze sigur la toate defectele interioare ale transformatoarelor, defecte însoţite de degajare de gaz precum şi la scăderea nivelului uleiului, aceste relee se instalează în aşa fel încît capacul să aibă o înclinare de 1—1,5% în sus în direcţia releului de gaze. Tot pentru acelaşi motiv conducta de ulei trebuie să aibă o înclinare de 2—4% de la transformator spre conservator (§ 751). In felul acesta se asigură trecerea liberă şi rapidă spre releu a gazelor produse de defect.

Inclinarea capacului transformatorului se obţine prin aşezarea sub roţile transformatorului din partea conservatorului a unor garnituri metalice (fig. 1).

Montarea robinetului între releu şi conservator (§ 751) se face pentru a se evita nefuncţionarea releului de gaze în cazul închiderii întîmplătoare a acestui robinet, în urma cărui fapt ar scădea nivelul în transformator din cauza scurgerii lui sau în cazul unei răciri bruşte. Acest robinet se instalează, de obicei, pe porţiunea verticală a conductei de ulei, ca în fig. 1, în scopul de a se evita îngustarea secţiunii conductei de ulei şi pentru a preîntîmpina funcţionarea greşită a releului de gaze în cazul cînd se acumulează aerul sau gaze în releu. Dacă robinetul nu poate fi instalat pe partea verticală a conductei, atunci, tipul de robinet se alege astfel încît să nu se îngusteze secţiunea conductei de ulei.

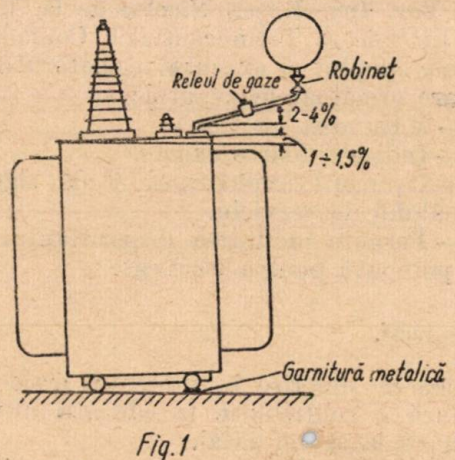


Fig.1

Fig. 1. Aşezarea transformatoarelor.

In § 752 se prevede existenţa unei scări fixe pentru a se putea uşor supraveghia partea superioară a transformatoarelor. Această scară, avînd la partea superioară o platformă, se amenajează astfel încît capul persoanei aflat pe platforma scării să fie la o distanţă nepericuloasă de piesele transformatorului aflate sub tensiune. Cel mai indicat este ca această scară să fie pliabilă şi să se poată încuia în poziţia pliată. Pentru folosire, scara se deschide cu cheile care se păstrează la personalul de serviciu şi treptele capătă poziţia orizontală. In modul acesta se elimină posibilitatea apropierii întîmplătoare a persoanelor străine de piesele transformatorului aflate sub tensiune.

Dacă transformatorul se află instalat într-o încăpere, atunci în loc de scară se folosesc uneori scoabe în perete. Ca soluţie temporară, în Uniunea Sovietică se admite şi folosirea unei scări de lemn transportabile. Aceasta trebuie să fie însă uşoară, solidă şi cu tălpi care să împiedice alunecarea.

Scările ampermetrelor (§ 753) se aleg astfel încît să se ţină seama de suprasarcinile admisibile ale transformatoarelor. La transformatoarele cu două înfăşurări, ampermetrul se montează numai pe una din ele, întrucît curentul dintr-o înfăşurare este proporţional cu cel din cealaltă înfăşurare. La transformatoarele cu neutrul pus la pămînt ampermetrele se montează pe toate fazele.

Măsurarea sarcinii transformatoarelor cu puteri sub 180 kVA din posturile de transformare, fie că aceste transformatoare alimentează o reţea de iluminat sau şi de iluminat şi de forţă, se face în timpul controlului periodic cu ajutorul cleştilor de curent.

In timpul funcţionării transformatorului una din operaţiile de căpetenie este controlul temperaturii uleiului (§ 764). Se ştie că rolul uleiului în transformator este de a servi atît ca mediu de izolare cît şi de răcire. Rolul de mediu de răcire este impus de faptul că sub influenţa curentului şi circuitului magnetic înfăşurările se încălzesc. Cu cît temperatura la care lucrează izolaţia înfăşurărilor este mai ridicată cu atît izolaţia îmbătrîneşte mai repede şi îşi pierde proprietăţile mecanice şi electrice. De asemenea sub influenţa acestor temperaturi înalte uleiul de transformator îşi pierde proprietăţile izolante se oxidează, îmbătrîneşte.

Cele mai indicate aparate pentru controlul temperaturii uleiului sînt termometrele cu mercur ca fiind cele mai simple şi mai sigure. Termometrul cu mercur se montează într-un locaş special pe capacul transformatorului în scopul de a măsura temperatura în straturile de sus care sînt cele mai încălzite. La transformatoarele mici fără conservatoare, termometrele se montează pe peretele lateral al cuvei la partea superioară a acesteia astfel încît la orice variaţie de nivel a uleiului din transformator, rezervorul cu mercur al termometrului să vină în orice caz în contact cu uleiul din transformator.

Controlarea temperaturii uleiului cu ajutorul termometrelor cu mercur este comodă numai la transformatoarele relativ mici (aproximativ pînă la 560 kVA). Deja la transformatoarele de 1 000 kVA sau mai mult este greu să se deosebească indicaţiile termometrelor cu mercur de la nivelul pămîntului. De aceea, pentru un control mai uşor al temperaturii uleiului, înafară de termometrul cu mercur, transformatoarele de acest tip se înzestrează cu termometre de tip manometric, instalate la nivelul înălţimii omului (1,5 m de la pămînt).

Transformatoarele cu răcire artificială, cu circulaţie forţată a uleiului prin răcitorul de apă (sau de aer) se înzestrează cu termometre cu mercur, plasate înainte şi după răcitor. Aceasta este necesar pentru a se putea controla funcţionarea normală a răcitorului.

De obicei, la sarcina nominală a transformatorului, în răcitor temperatura scade cu 5...15°C, în medie cu 10°C. In cazul cînd indicaţiile termometrelor dinaintea răcitorului şi de după răcitor nu arată aceste diferenţe este o dovadă că sistemul de răcire este deranjat.

Cînd se controlează temperatura uleiului, trebuie să se ţină seama că la sarcini, apropiate de sarcina nominală, temperatura maximă a punctelor celor mai calde ale înfăşurării este cu 30...35°C mai înaltă decît temperatura în straturile superioare de ulei.

Temperatura maximă are loc la partea superioară a înfăşurării interioare, care se găseşte mai aproape de miez.

Cînd sarcina transformatorului variază, temperatura uleiului din transformator variază şi ea însă mai încet decît temperatura înfăşurărilor, din această cauză, indicaţiile termometrelor reflectă creşterea temperaturii înfăşurărilor cu o anumită întîrziere (de cîteva ore).

Liniile de control (§ 759) de pe indicatorul nivelului de ulei al transformatorului care corespund temperaturilor uleiului la —35°C, +15°C şi +35°C se trasează cu scopul de a arăta personalului pînă la ce nivel trebuie să umple conservatorul. Volumul conservatorului este astfel calculat încît dacă el este umplut cu ulei pînă la linia de control se va asigura totdeauna nivelul de ulei necesar atît vara la + 35°C şi la plină sarcină cît şi iarna la cea mai scăzută temperatură şi transformatorul deconectat. Pentru realizarea acestui lucru capacitatea V a conservatorului se determină din formula:

$$V = \frac{G \cdot v\,(t_2 - t_1)}{p},$$

în care:

G este greutatea uleiului din transformator;
v — coeficientul de dilataţie volumetrică a uleiului egal cu 0.007)
t_2 — temperatura maximă a uleiului;
t_1 — temperatura minimă a uleiului.

Pentru evitarea indicaţiilor false, pe care le-ar putea da indicatorul nivelului de ulei, în caz de scurgere a uleiului din conservator, marginea inferioară a nivelului de ulei trebuie să fie mai sus decît capătul ţevii care uneşte conservatorul cu cuva transformatorului. Nerespectarea acestei condiţii poate duce la situaţii în care indicatorul nivelului de ulei să arate prezenţa uleiului în conservator, deşi uleiul este scurs complet.

Pentru ca la transformatoarele cu circulaţie forţată de ulei şi răcire cu apă (§ 760) să se evite pătrundere a apei în ulei, acesta este menţinut în răcitor, sub o presiune mai înaltă decît cea a apei (cu aproximativ 1—2 at). Prin aceasta chiar dacă există locuri neetanşe sau ţevi sparte ale răcitorului de ulei, pătrunderea apei în interiorul uleiului este exclusă, deoarece uleiul aflat sub presiune mai înaltă acesta va pătrunde în apă şi nu apa în ulei. Pentru acelaşi motiv se cere ca şi pompa de ulei să fie montată înaintea răcitorului de ulei.

In timpul transportului transformatoarelor de la uzina constructoare la locul de instalare sînt posibile, din cauza şocurilor şi trepidaţiilor, defectări interioare ale înfăşurărilor, comutatoarelor şi ale îmbinărilor. Cîteodată aceste defecte, uneori în aparenţă lipsite de importanţă, pot fi cauza unor deranjamente serioase în exploatare. De aceea este nevoie ca la toate transformatoarele noi (§ 763) decuvabile să se facă o revizie interioară. In cazul cînd dimensiunile transformatorului nu permit executarea reviziei interioare fără decuvare, este necesară decuvarea transformatorului.

Decuvarea şi controlul părţii decuvabile se face cu condiţia ca temperatura părţii decuvabile în tot timpul executării controlului să fie mai ridicată cu cel puţin 5°C decît temperatura mediului ambiant. Aceasta este necesar pentru a se evita condensarea vaporilor de apă din aer pe partea decuvabilă, condensare favorizată şi de marea higroscopicitate a izolaţiei de hîrtie a înfăşurărilor transformatorului.

Dacă transformatorul trebuie să rămînă 8—10 ore scos din ulei atunci temperatura părţii sale decuvabile trebuie să fie, în momentul scoaterii din curvă, cu aproximativ 10...15°C mai mare decît temperatura aerului înconjurător.

Dacă nu se iau aceste măsuri atunci izolaţia părţii decuvabile se umezeşte atît de mult

încît la punerea transformatorului sub tensiune există un pericol real de străpungere.

Incercările prescrise la § 764 se fac cu scopul de a se identifica din timp defectele sau punctele slabe care ar putea provoca întreruperi nedorite în exploatare. Aceste încercări se vor executa conform Instrucției nr. 59—55 „... pentru executarea încercărilor și a măsurărilor preventive asupra echipamentului electric, în timpul exploatării și cu prilejul reparațiilor „EES —1955, astfel că nu ne vom opri decît asupra obligativității de verificare a fazelor transformatorului (§ 764 n), care are de scop să determine coincidența, între tensiunile secundare la două transformatoare avînd primarul conectat la aceeași rețea.

Inainte de a începe determinarea fazelor trebuie stabilite grupele de conexiuni. Această determinare se poate face atît direct între transformatoare cît și între transformator și rețea cu condiția ca diferența de tensiune între transformatoare (datortă încărcării unui transformator sau a căderii de tensiune în rețea) să nu fie mai mare ca 10%

Determinarea fazelor constă din următoarele trei operații:

a) verificarea simetriei tensiunilor (pentru fiecare fază în parte); în cazul oricărei asimetri de tensiune (cu excepția cazurilor de regimuri artificiale) această operație se întrerupe;

b) găsirea perechilor de capete între care nu există diferență de tensiune;

c) măsurarea tensiunii între fiecare capăt de o parte și între alte două diferite pe de altă parte (în total 6 măsurări).

Toate aceste șase măsurări trebuie să arate aceeași tensiune.

In trecut punerea sub tensiune a transformatoarelor se făcea numai prin metoda ridicării treptate a tensiunii pornind de la zero, fiindcă se considera că un defect se poate constata înainte ca el să producă distrugeri mari în transformator. Astăzi această metodă se folosește numai pentru transformatoarele montate bloc cu generatoarele, pentru transformatoarele noi montate și pentru cele ieșite din reparație capitală (§ 765). Pentru toate celelalte transformatoare punerea sub tensiune se face direct la tensiunea nominală a transformatorului. Această măsură a rezultat din faptul că:

— pentru ridicarea treptată a tensiunii începînd de la zero, este nevoie de un generator separat, un transformator și o linie specială, ceea ce prezintă multe dificultăți în exploatare ca: reducerea producției de energie electrică precum și faptul că durează prea mult timp;

— în caz că transformatorul ar avea un defect, el va fi deconectat la timp, de protecția sa (diferențială, releul de gaze, protecția instantanee de intensitate, siguranțe).

Limitarea variațiilor de tensiune la $\pm$ 5% la sarcina nominală a transformatoarelor (§ 766) este dictată de faptul că transformatoarele moderne se construiesc cu inducția maximă în fier de ordinul 14—15 mii gauși, adică apropiată de saturația fierului. Din această cauză, o creștere relativ mică a tensiunii aplicate transformatorului conduce la creșterea bruscă a inducției și deci a curentului și a pierderilor de mers în gol ale transformatorului (fig. 2). In afară de aceasta

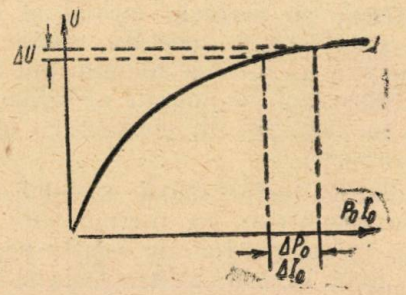


Fig. 2. Variația curentului I_1 și a pierderilor de mers în gol P_0 ale transformatorului în funcție de tensiunea aplicată

creșterea curentului magnetizant (de mers în gol) face ca în curba tensiunii să apară armonici superioare, amplitudinea curbei tensiunii crește iar curba însăși capătă în locul formei sinusoidale o formă ascuțită. Acest lucru prezintă pericol în special pentru izolația înfășurărilor de 110 kV la care rezerva de rigiditate a izolației nu este prea mare.

De regulă, transformatoarele care funcționează timp îndelungat (§ 768) la puterea nominală, nu trebuie să se supraîncarce, deoarece această supraîncărcare duce la uzarea rapidă a izolației și la scăderea duratei de serviciu.

La majoltatea transformatoarelor, sarcina rămîne rar constantă și egală cu puterea nominală ea variind atît în cursul aceleiași zile cît și în cursul unui an.

Aceste transformatoare permit supraîncărcări normale (sistematice) și de avarie (de scurtă durată) în funcție de graficul încărcării zilnice și de temperatura mediului ambiant.

Suprasarcinile normale sînt admise în funcție de graficul încărcării zilnice și de gradul în care nu a fost utilizată complet puterea transformatorului în cursul verii, astfel:

a) Dacă coeficientul de încărcare zilnică a transformatorului $k_i < 1$, atunci din graficul încărcării zilnice a transformatorului (fig. 3) se determină pentru o valoare dată a lui k_i multiplul admisibil al sarcinii maxime în raport cu cea nominală ($k_{su} = I_{max}/I_{nom}$) în funcție de durata necesară în ore.

Prin coeficient de încărcare k_i al graficului de încărcare într-un anumit interval de timp T, se înțelege raportul dintre suprafața limitată de diagramă și suprafețele dreptunghiului, ale cărui laturi sînt formate de abscisa T și ordonată — maximul diagramei — adică de raportul dintre sarcina medie și cea maximă

$$k_i = \frac{\Sigma I \cdot t}{24 I_{max}} = \frac{I_{med}}{I_{max}},$$

unde :

$\Sigma I \cdot t$ este suprafaţa graficului de încărcare ;

I_{max} — curentul maxim de încărcare în cursul a 24 ore ;

I_{med} — curentul mediu de încărcare în cursul a 24 ore.

b) Dacă maximul graficului tip (mediu) de încărcare în cursul verii (iunie, iulie, august)

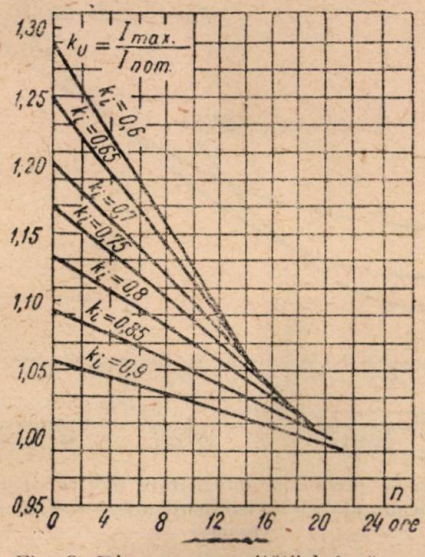


Fig. 3. Diagrama capacităţii de încărcare a transformatorului.

este mai mic decît puterea nominală a transformatorului, atunci în lunile de iarnă (noiembrie, decembrie, ianuarie, februarie) se admite supraîncărcarea transformatorului cu 1% pentru fiecare procent de subîncărcare din cursul verii însă nu mai mult decît cu 15%.

Se poate admite o suprasarcină folosind ambii factori indicaţi la punctele *a*) şi *b*), dar supraîncărcarea totală nu trebuie să depăşească 30%.

Aceste indicaţii asupra supraîncărcărilor admisibile se referă la toate transformatoarele cu răcire naturală cu ulei sau cu răcire forţată prin suflare.

Valoarea supraîncărcării transformatoarelor, care funcţionează bloc cu generatoarele, este determinată de supraîncărcarea admisibilă a generatoarelor.

Detalii asupra supraîncărcărilor se găsesc în „Instrucţiunile pentru exploatarea transformatoarelor de putere" în care este arătat şi modul cum trebuie făcute controalele prevăzute la § 770.

In cazul deconectării transformatorului de către protecţia diferenţială sau prin releul de gaze trebuie să se facă un control interior (§ 771) şi să se găsească motivele deconectării transformatorului. Acest lucru este necesar, deoarece protecţia prin relee de gaze şi cea diferenţială intră în funcţie atunci cînd există un defect interior al transformatorului, astfel încît reconectarea ar duce la agravarea defectului.

Pentru explicarea cauzelor deconectării transformatorului, se verifică rezistenţa izolaţiei înfăşurărilor, starea înfăşurărilor, se analizează uleiul şi se fac alte măsurări şi încercări.

La descoperirea unor indicii că există un defect interior, transformatorul se scoate din serviciu pentru un nou control cu decuvare.

In cazul cînd transformatorul nu este deconectat de protecţia diferenţială sau prin releul de gaze atunci există destule motive să se presupună că deconectarea se datoreşte unei supraîncărcări sau unui scurtcircuit brusc.

Numărul de transformatoare care trebuie să fie legate în paralel (§ 772) se alege astfel încît regimul lor de funcţionare să fie cît mai economic. Pentru acest motiv se poate întîmpla ca în staţiile cu două sau mai multe transformatoare care funcţionează în paralel să fie mai economică menţinerea în funcţie a unui număr mai mare de transformatoare decît ar fi necesar pentru acoperirea sarcinii staţiei.

La determinarea celui mai economic regim de funcţionare al transformatoarelor trebuie să se ia în considerare variaţia pierderilor de energie activă şi reactivă atît în transformator cît şi în reţea.

Pentru aceasta, pierderile reactive se reduc la cele active cu ajutorul unui coeficient k numit echivalent economic al energiei reactive care ţine seamă de pierderile active necesare pentru generarea şi transmiterea puterii reactive suplimentare în reţea.

Dacă în staţie sînt instalate un singur tip de transformatoare de aceeaşi putere, atunci numărul economic de transformatoare conectate în paralel se determină în modul următor :

a) la creşterea sarcinii, conectarea transformatorului $n + 1$ este economică atunci cînd încărcarea relativă a_n a fiecărui transformator atinge valoarea :

$$a_n > \sqrt{\frac{n+1}{n}} \sqrt{\frac{P_0 + kq_0}{P_n + kq_n}},$$

b) La scăderea sarcinii, deconectarea unui transformator este economică, atunci cînd încărcarea reactivă atinge valoarea

$$a_n < \sqrt{\frac{n-1}{n}} \sqrt{\frac{P_0 + kq_0}{P_0 + kq_n}}$$

în aceste formule :

a_n este încărcarea relativă a fiecăruia din cele n transformatoare conectate ale staţiei, în kVA ;

n — numărul transformatoarelor conectate ;

P_0 — pierderile active de mers în gol ale transformatorului în kW ;

P_n — pierderile active de scurtcircuit ale transformatorului, în kW ;

q_0 — pierderile reactive de mers în gol ale transformatorului kvar ;

q_n — pierderile reactive de scurtcircuit ale transformatorului kvar ;

k — echivalentul economic al energiei reactive kWh/kvarh (valorile k sînt date în tabela 1).

Tabela 1

Valorile echivalentului economic al energiei reactive k

Nr. crt.	Caracteristica transformatoarelor și a sistmului de alimentare	$k = \frac{\text{kWh}}{\text{kvar}}$ La încărcarea maximă a sistemului	$k = \frac{\text{kWh}}{\text{kvar}}$ La încărcarea minimă a sistemului
1	Transformatoare alimentate direct de la barele centralei la tensiunea generatoarelor	0,02	0,02
2	Transformatoare de rețea alimentate de la centrala electrică la tensiunea generatoarelor (de exemplu, transformatoarele întreprinderilor industriale alimentate de la centrale electrice industriale sau comunale	0,07	0,02
3	Transformatoare scoborîtoare 110 — 35 kV alimentate din rețele de transport	0,1	0,06
4	Transformatoare scoborîtoare alimentate din rețele de distribuție	0,15	0,10
5	Transformatoare scoborîtoare alimentate din rețele de distribuție a căror sarcină reactivă se acoperă prin compensatoare sincrone	0,05	0,03

Pierderile reactive de mers în gol ale transformatorului sînt:

$$q_0 = 0{,}01 \cdot I_0 S_n$$

iar pierderile reactive de scurtcircuit ale transformatorului

$$q_n = 0{,}01\ U_k \cdot S_n$$

unde:

I_0 este curentul de mers în gol al transformatorului;

U_k — tensiunea de scurtcircuit;

S_n — puterea nominală a transformatorului, in kVA.

Dacă transformatoarele nu sînt de același tip sau diferă ca putere, regimul lor economic de funcționare se determină prin metoda grafică cu ajutorul curbelor de pierderi. Aceste curbe se construiesc separat pentru fiecare din transformatoare și una singură pentru mai multe transformatoare funcționînd în paralel.

Curbele pierderilor înregistrate se determină pentru fiecare transformator din ecuația:

$$P = P_0' + P_n' \frac{S^2}{S_n^2}\ \text{kW}$$

în care:

S este sarcina în kVA;

S_n — puterea nominală în kVA;

$P_0' = P_0 + kq_0$ (kW) — pierderile de mers în gol;

$P_n' = P_n + kq_0$ (kW) — pierderile de scurtcircuit.

Curbele pierderilor pentru mai multe transformatoare funcționînd în paralel se determină din următoarea ecuație (presupunînd că sarcina se repartizează proporțional cu puterea nominală):

$$P_u = \Sigma P_0' + \frac{S^2}{(\Sigma S_n)^2} \Sigma P_n',\ \text{kW}.$$

Punctele de intersecție ale curbelor de pierderi determină sarcinile la care se schimbă regimul economic de funcționare al transformatoarelor (fig. 4).

La întocmirea graficului de conectare și de deconectare al transformatoarelor, se admit

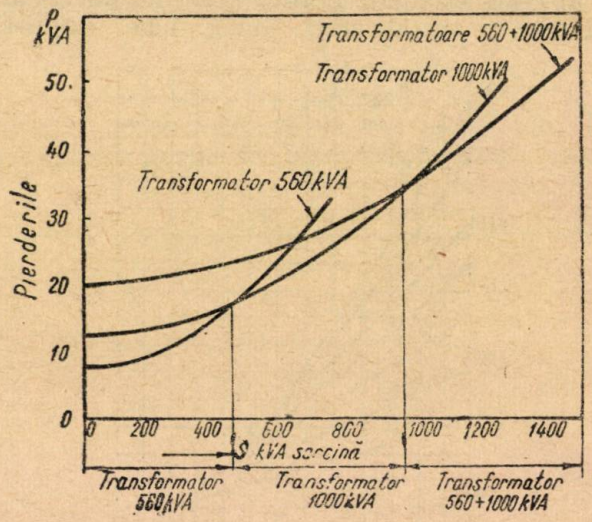


Fig. 4. Curbele pierderilor înregistrate pentru determinarea regimului economic al transformatoarelor diferite ca tip și putere.

devieri de la regimul lor economic de funcționare în scopul de a se micșora numărul de operații din timpul unei zile, astfel ca pentru un interval mai scurt de 2—3 ore să nu se facă deconectare de transformatoare.

Atunci cînd izolația transformatoarelor vine în contact cu aerul înconjurător, ea se îmbibă cu umezeală. Izolația se poate umezii și dacă uleiul conține umezeală. In acest caz este necesară uscarea transformatorului (§ 774).

Pentru a se evita operația de uscare, este necesar ca înfășurările transformatorului să rămînă cît mai puțin timp posibil înafara uleiului.

De regulă, transformatoarele aflate în funcțiune nu au nevoie de uscare. Uneori uscarea este necesară pentru transformatoarele care au stat timp îndelungat în rezervă.

Nici transformatoarele noi instalate nu necesită uscarea dacă caracteristicile izolației trasformatorului arată că izolația este practic uscată.

Aceste caracteristici ale izolației sînt:

— raportul capacităților $\frac{C_2}{C_{50}}$ în care C_2 este capacitatea la 2 Hz iar C_{50} la 50 Hz;

— valoarea tangentei unghiului pierderilor dielectrice tg δ;

— valoarea rezistenței izolației după 60 secunde de la începerea măsurătorii și

— raportul $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ în care R_{60} este rezistența izolației măsurată după 60 secunde iar R_{15} după 15 secunde de la aplicarea tensiunii.

Aprecierea stării izolației se face prin examinarea complexă a tuturor rezultatelor măsurărilor și a condițiilor de depozitare a transformatorului.

Transformatoarele date în exploatare după reparații capitale pot fi puse în funcțiune fără a, fi uscate dacă partea lor decuvabilă s-a aflat în aer cu o umiditate relativă de 70% (sau mai puțin) cel mult 24 ore pentru transformatoarele de 35 kV sau mai puțin și sub 16 ore pentru transformatoarele de 110 kV.

In cursul reparațiilor temperatura părții decuvabile a transformatorului trebuie să fie pe cît posibil, mai mare decît cea a aerului înconjurător (cel puțin cu 5°C); aceasta pentru a se evita condensarea umezelii pe înfășurări și pe izolație.

Dacă partea decuvabilă a transformatorului a stat în aer liber mai mult decît timpul arătat mai sus, dau dacă aerul a avut o umiditate mai mare, atunci se compară valorile rapoartelor capacităților C_2/C_{50}, a unghiului pierderilor dielectrice și a rezistenței izolației R_{60} după reparație, cu aceleași mărimi măsurate înainte de reparație.

Transformatorul poate fi pus în funcție fără uscare dacă în cursul reparațiilor:

— rezistența izolației R_{60} nu a scăzut cu mai mult de 40%;

— raportul $\frac{C_2}{C_{50}}$ a crescut cu cel mult 8%, iar

— tg δ a crescut cu cel mult 30%.

In caz de nevoie, uscarea transformatoarelor se face fără ulei după una din metodele prescrise în „Instrucțiunile pentru reparația transformatoarelor de putere" EES—1955.

PENTRU NOILE CADRE

Considerații generale asupra aplicării automaticei și telemecanicei în sistemele energetice

Conf. ing. C. PENESCU

Instalațiile energetice au început să aibă, din ce în ce mai mult, dezvoltări foarte importante atît prin mărirea instalațiilor producătoare — se utilizează grupuri turbine-generatoare de 300 000 kW pe unitate, se instalează centrale hidro ce întrec puterea de 2 000.000 kW instalați, etc. — cît și prin mărimea instalațiilor de transport și distribuție a energiei electrice, unde asistăm la creșterea puterilor instalate în stații — transformatoare de peste 150 000 kVA — și la creșterea tensiunilor de serviciu — tensiuni de 400 kV.

Această dezvoltare considerabilă a instalațiilor energetice a pus în fața tehnicienilor o serie de probleme speciale legate de:

— siguranța exploatării

— protecția muncii

— ameliorarea calității energiei electrice

— continuitate în funcționare etc care în trecut, sau nu se puneau cu atîta acuitate, sau se puteau rezolva, de la caz la caz, prin simpla intervenție manuală. De pildă: puține din centralele vechi aveau instalații de reglarea tensiunii fără intervenția omului, iar nici una nu va avea instalații de reglare, fără aceeași intervenție, a frecvenții. Se considera pe deoparte, că abaterea de la acești parametrii nu reprezenta o nenorocire prea mare și că supraveghetorii instalațiilor (electricienii de tablou) pot să îndeplinească satisfăcător aceste operații.

Odată cu creșterea cantitativă a instalațiilor industriale consumatoare de energie electrică, s-a produs în aceeași măsură, dacă nu într-una mai mare, creșterea calitativă a acestora în sensul că au început să se ceară anumite calități de: constanta frecvenții și tensiunii; continuitatea în funcționare etc, energiei electrice furnizate.

Din motivele arătate mai sus s-a constatat că intervenția umană în procesele tehnologice de producere și distribuire a energiei electrice nu mai poate fi considerată ca satisfăcătoare și aceasta din trei puncte de vedere:

— calificarea cadrelor tehnice trebuie să fie foarte ridicată, deci o pregătire îndelungată cu elemente selecționate și care nu se pot obține decît cu greu;

— imperfecta acționare a personalului de exploatare în anumite procese (de pildă reglarea);

— solicitarea prea mare a acestui personal deci epuizarea lui rapidă.

Din aceste trei cauze principale — și care, după cum se va vedea mai jos, nu sînt singurele — o preocupare importantă a tehnicii moderne a fost și este reducerea la maximum posibil a intervenției umane în realizarea proceselor tehnologice.

Pentru atingerea acestui scop, la îndemîna tehnicianului stau două metode distincte și anume:

1. Să realizeze o asemenea instalație care să înlocuiească total intervenția umană în anumite părți sau în totalitatea unui proces tehnologic, intervenție care ar fi necesară pentru buna desfășurare a procesului, prin aceasta nu mai este nevoie de persoana sau de persoanele ce deserveau instalația care realiza procesul tehnologic

respectiv. De exemplu, dacă în procesul de producerea energiei electrice se utilizează o instalaţie care să menţină constantă tensiunea, atunci intervenţia omului în acastă parte a procesului este eliminată. Tot aşa, dacă pornirea şi oprirea unui hidroagregat se face cu ajutorul unor instalaţii adecvate, rezultă că intervenţia umană a fost total eliminată în procesul respectiv.

2. Se concentrează în mîna unui singur om acţionarea în mai multe procese tehnologice şi anume în acele părţi în care intervenţia umană este necesară. Prin această metodă, fără a se elimina complet, se reduce considerabil intervenţia omului. De exemplu : două staţii de transformare pot fi acţionate de un singur om, situat la una din ele.

Este evident că numai prima metodă răspunde integral la toate cererile care au pledat pentru înlăturarea intervenţiei umane, pe cînd cea de a doua nu răspunde decît în parte şi anume la reducerea personalului necesar şi nicidecum la imperfecţiunile datorite modului de a reacţiona al omului. De aici, rezultă clar, chiar la prima vedere, că aceste două metode nu se exclud ci fiecare va avea domeniul său de utilizare.

Tehnica aplicării primei metode o reprezintă *antomatica* ; prin urmare, aceasta permite înlocuirea totală a intervenţiei umane în acele părţi ale proceselor tehnologice unde apărea ca strict necesară. Aplicarea automaticei la un anumit proces se numeşte *automatizarea* procesului, după cum instalaţia ce permite acest lucru se numeşte *automat.*

Tehnica aplicării celei de a doua metode o reprezintă *telemecanica* şi analog ca mai sus, aplicarea sa creează *telemecanizarea* procesului tehnologic respectiv utilizînd *instalaţii telemecanice.* Să insistăm puţin asupra telemecanicei ; pentru ca un operator să poată să intervină, simultan sau pe rînd, în mai multe procese tehnologice este necesar, avînd în vedere că instalaţiile care realizează procesele respective pot fi în spaţiu, la distanţe mai sau foarte mari (de pildă cele două staţii de transformare din exemplul arătat mai sus) ca să existe posibilitatea unor legături operative din locul în care se găseşte omul şi pînă la fiecare din instalaţiile amintite. Prin aceste legături trebuie ca în primul rînd, omul să poată interveni la punctul şi momentul potrivit, în sensul comandării unor anumite organe : deschiderea unor supape, modificarea poziţiei unui reostat etc. ; prin urmare este necesară o legătură de *telecomandă* (comandă la distanţă). Sensul de circulaţie al comenzii va fi dinspre operator către instalaţia telemecanizată.

Dar pentru ca operatorul să poată da comenzile necesare trebuie ca :

1. Să cunoască măsura diverselor mărimi ce intră în funcţionarea procesului tehnologic şi de care depinde modul în care trebuie dată comanda, adică să cunoască „starea procesului"

2. Să controleze dacă s-a executat sau nu comanda dată, adică să cunoască „situaţia în care se găseşte instalaţia".

Prin urmare pe lîngă legătura de telecomandă trebuie să existe o legătură de *telemăsură* prin care se măsoară la distanţă mărimile necesare şi o legătură de *telesemnalizare* în care se controlează situaţia diverselor elemente. Aceste două legături vor avea un sens de circulaţie invers, întrucît ele trebuie să arate situaţia instalaţiei şi starea procesului tehnologic. In acest fel o instalaţie telemecanică se compune din trei instalaţii distincte fiecare avînd rolul său determinat.

Instalaţiile telemecanice, după cum s-a spus în treacăt mai înainte, nu au drept scop decît reducerea intervenţiei umane ; prin utilizarea lor nu se ameliorează funcţionarea procesului tehnologic decît într-o mică măsură şi aceasta datorită faptului că prin reducerea personalului respectiv nu mai este necesară o sincronizare a acţionării acestora, lucru necesar, cînd existînd mai mulţi operatori, lipsa de sincronizare putea duce la rezultate nedorite.

Telemecanica de utilizează din ce în ce mai mult în sistemele energetice reprezentînd o metodă eficace de reducerea preţului de cost al energiei electrice. Pentru transmiterea acţionărilor se folosesc exclusiv linii electrice care pot fi fizice (conductori speciali pentru acest scop), fictive (conductori folosiţi pentru alte scopuri) sau legături radio. O menţiune merită amintirea metodei de a folosi chiar conductorii liniei de transport de energie pentru transmiterea mărimilor telemecanice, prin suprapunerea peste curentul de frecvenţă industrială a curentului de înaltă frecvenţă.

Sînt nenumărate exemple de instalaţii moderne telemecanizate. Astfel în U.R.S.S. sînt telemecanizate instalaţiile energetice ale părţii electromecanice de la centrala Scerbakov situate la 250 km de postul de unde se acţionează ; tot astfel centralele pe rîul Irtiş sînt în mare majoritate telemecanizate. In Elveţia se telemecanizează staţiile de conexiuni şi transformare : asfel se poate cita telemecanizarea staţiei de la Illauz (staţie de tracţiune electrică).

Rezultatele automatizării sînt însă, evident superioare. Dar, întrucît asemenea instalaţii trebuie să imite şi chiar să întreacă modul de intervenţie al omului, rezultă clar că acestea sînt complicate şi anume cu atît mai complicate cu cît modul de intervenţie este mai deosebit. Pentru a înţelege mai bine modul cum funcţionează şi care sînt condiţiile care se cer unui automat trebuie, mai întîi să vedem cît de largă este sfera acestei noţiuni. Intr-adevăr sînt unele procese tehnologice care se realizează în întregime fără intervenţia umană şi care totuşi, chiar de la prima vedere, apar a nu avea nimic comun cu automatica. De exemplu un motor electric se roteşte, dezvoltă energie mecanică consumînd energia electrică, fără intervenţia omului şi fără a fi totuşi un automat.

Se cuvine deci restrîngerea noţiunii respective.

In funcţionarea unui proces tehnologic intră în joc mai multe variabile, mărimi fizice. Între unele din acestea există deja relaţii de interdependenţă consecinţa unor legi fizice absolute : relaţiile de echilibrul puterilor, relaţiile de conservarea energiei, etc. Intre altele nu există asemenea relaţii, cum ar fi de exemplu : relaţia dintre viteza medie şi timp la un motor primar. Pentru primele variabile, instalaţia nu face altceva decît să le traducă în practică : ea nu va fi un automat după cum nu este automat nici motorul electric şi nici maşina cu abur.

Pentru celelalte variabile crearea relaţiilor de interdependenţă, dorite sau impuse, nu se poate face decît, fie manual, fie prin instalaţii speciale ; acestea din urmă sînt automatele.

Se cuvine însă a face o precizare ; astfel, uneori, instalaţiile de realizarea relaţiilor de interdependenţă, între asemenea variabile, condiţionează însăşi realizarea procesul tehnologic. De exemplu la motoarele cu ardere internă se crează, prin arborele de came, o relaţie de interdependenţă între poziţia arborelui motor şi poziţia supapelor. De această instalaţie depinde însăşi funcţionarea motorului respectiv ; astfel de automate, care condiţionează funcţionarea unui proces tehnologic, sînt însă scoase din sfera automatelor propriu zise fiind clasate ca „false automate". Prin urmare un automat permite înlocuirea omului, în realizarea relaţiilor de interdependenţă între două sau mai multe variabile între care nu există relaţii, consecinţe legilor fizice. Automatele nu trebuie însă să condiţioneze, de existenţa lor, realizarea proceselor tehnologice, ci să le îmbunătăţească.

Cum se poate realiza acest deziderat ? La prima vedere ar exista o metodă simplă ; se doreşte, de exemplu, crearea unei funcţii între variabilele A şi B, în sensul ca variaţiile lui A să fie urmărite de B. In acest caz se măsoară mărimea A iar în funcţie de rezultatul măsurări respective se acţionează, printr-un dispozitiv adecvat ce permite realizarea funcţiei de interdependenţă, asupra mărimii B. Un caz concret poate fi arătat de variaţia, după un program dat a temperaturii într-un cuptor de tratament termic ; se realizează atunci o interdependenţă între mărimea timp (A) şi mărimea temperaturii (B) după o anumită lege. De exemplu temperatura să crească cu 100°/oră ; aceasta înseamnă că relaţia de dependenţă este :

$$\theta = 100\ t_{(ore)} + \theta_0 = \frac{100}{3\,600}\ t_{(s)} + \theta_0$$

Un mecanism de ceasornic roteşte treptat un reostat care în cuptorul electric măreşte, conform cu legea impusă, curentul de încălzire. Un asemenea sistem are un dezavantaj principal şi anume că nu controlează dacă relaţia de dependenţă a fost sau nu îndeplinită ;aceasta înseamnă orice abatere a funcţionării de la regimul calculat (de exemplu uzura) atrage modificarea relaţiei impuse.

Metoda cea mai sigură constă din a compara în permanenţă mărimea la care s-a ajuns B cu mărimea la care se doreşte a se ajunge B',iar acţionarea dispozitivului încetează la egalitate. De exemplu la cuptorul amintit notînd $100\ t_{(ore)} = \theta$ rezultă că dispozitivul antrenat nu va mai acţiona cînd $\theta = \theta'$ adică $\varepsilon = \theta' - \theta = 0$.Acţiunea automatului se va determina de diferenţa ε : eroarea automatului ; în acest fel orice deficienţă, de ordin interior, la dispozitivele automate este eliminată, acestea funcţionînd corect. De data aceasta nu mărimea A acţionează automatul ci diferenţa dintre B' şi B adică eroarea sau abaterea.

Precizia celui de al doilea sistem faţă de primul este evidentă ; totuşi aceasta nu este neapărat suficient pentru ca primul să fie complet eliminat. In primul rînd primul sistem este mai simplu şi deci mai ieftin ; în al doilea rînd sistemul al doilea nu va preîntîmpina eventualele abateri de la relaţii de interdependenţă ci le va înlătura după ce s-au ivit. Aceasta apare clar deoarece eroarea nu va exista decît cînd mărimea B va avea altă valoare decît aceea dorită, automatul va acţiona reducînd-o sau eliminînd-o. Prin urmare automatul lucrează posterior fiind sezisat de apariţia situaţiei anormale.

Cele două sisteme capătă denumirile : sistem automat în circuit deschis sau de comandă automată iar cel de al doilea sistem automat în circuit închis sau sistem servo din care cea mai importantă subdiviziune o formează *sistemele de reglare* în care mărimea B este constantă. Noţiunea de „sistem" apare deoarece automatul nu are o funcţiune izolată de instalaţia pe care o deserveşte şi trebuie examinat în ansamblul cu aceasta ; acest ansamblu capătă denumirea de sistem de reglare.

Noţiunea de circuit deschis şi închis revine din aceea că în primul caz, necontrolîndu-se mărimea B, nu există decît legătura cu sensul de la A spre B, pe cînd în cel de al doilea există o legătură în sens invers de la B spre A, pe lîngă cea directă de la A spre B, deci un contur : un circuit închis.

Calităţile principale ale sistemului sînt :

— precizia,
— viteza,
— stabilitatea

Precizia constă din aceea că relaţia de interdependenţă să fie cît mai exact redată ; viteza se referă la durata în care relaţia de interdependenţă este îndeplinită iar stabilitatea ca regimul tranzitoriu să fie cît mai aperiodic.

In sistemele energetice se utilizează un mare număr de instalaţii automate, atît în circuit deschis cît şi în circuit închis, precum şi foarte multe instalaţii telemecanice.

Spre deosebire de alte instalaţii susceptibile de a fi automatizate, sistemele energetice prezintă o foarte mare depărtare între elementele ce se pot automatiza, întrucît diversele centrale

și stații sînt răspîndite pe o suprafață considerabilă, din acest punct de vedere automatica și telemecanica sistemelor energetice pune probleme deosebite față de alte instalații și aceste probleme sînt din cele mai grele.

Instalațiile automate din sistemele energetice se pot grupa în:

— automate de ansamblu
— automate locale.

Automatizările de ansamblu afectează o mare parte din sistemul energetic sau totalitatea lui, pe cînd cele locale au o acțiune limitată la o instalație locală (centrală, stație).

In sistemele energetice se întîlnesc atît automatizării în circuit deschis (automatizări locale) cît și în circuit închis (de ansamblu). Astfel se pot cita ca automatizări în circuit deschis:

— pornirea automată a agregatelor,
— automatizarea instalațiilor hidrotehnice (vane, stavile),
— protecția prin relee,
— sincronizarea automată a generatorilor sincroni,
— anclanșarea automată a rezervei,
— reanclanșarea automată a liniilor electrice,
— pornirea automată a motoarelor etc.

Ca automatizări în circuit închis se pot enumera:

— reglarea automată a funcționării cazanelor,
— reglarea automată a vitezei agregatelor,
— reglarea automată a frecvenței și puterii active,
— reglarea automată a tensiunii, și puterii reactive etc.

Telemecanizarea se execută deobicei asupra următoarelor elemente:

— telemecanizarea aparatelor de comutație (întrerupători și separatori)
— telemecanizarea agregatelor (pornire, oprire, reglare),
— telemecanizarea instalațiilor hidrotehnice.

Raportul dintre numărul instalațiilor telemecanizate și totalul instalațiilor de aceeași natură din centrale sau stația electrică respectivă ca și raportul dintre instalațiile automatizate și același total, se numește *gradul de telemecanizare* și *gradul de automatizare* al instalației. In alegerea gradului de telemecanizare și automatizare, prescurtat „gradul de automatizare" trebuie să se țină seama de criteriile tehnico-economice pe care le aduc aplicarea acestor două tehnici.

Avantajiile aduse de automatizare și telemecanizare se pot concretiza, parțial în,:

1. *Protecția utilajului.* Prin automatizare se feresc instalațiile respective de regimuri anormale care le-ar periclita buna funționare.

2. *Protecția muncii.* Prin automatizare și telemecanizare personalul este ferit de pericolele inerente acțiunii directe.

3. *Ușurarea muncii personalului de exploatare.* Prin automatizare efortul care se cere personalului scade simțitor deoarece automatul înlocuiește omul, evitînd oboseala acestuia.

4. *Reducerea personalului de exploatare.* Prin automatizare și telemecanizare se reduce personalul care poate fi astfel utilizat în altă parte.

5. *Reducerea prețului de cost.* Prin automatizare se pot doza economic materiile prime și prin aceasta randamentul să fie maxim; în acest fel prețul de producție al energiei devine minim, mai ales ținînd seama de reducerea personalului.

6. *Ameliorarea calității energiei electrice.* Prin automatizare și telemecanizare se pot menține constante tensiunea și frecvența și deci principalele calități ale energiei sînt satisfăcute.

7. *Ameliorarea funcționării sistemelor energetice* prin intervenția rapidă a agregatelor de vîrf și de rezervă.

Afară de cazurile cînd automatizarea și telemecanizarea sînt cerute din motive tehnice bine întemeiate sau de protecția muncii (de exemplu reglarea de tensiune, trebuie ca gradul de automatizare și telemecanizare să fie bine apreciat prin prisma tehnică economică pentru ca altfel să nu scumpească inutil costul instalațiilor.

Se deosebesc, pentru centrale electrice, următoarele grade de automatizare și telemecanizare:

1) comandă la distanță locală (din centrală),
2) telecomandate (de la distanță mare),
3) cu autooperatori,
4) semiautomate.

Cu referire la centralele hidro, la alegerea gradului de automatizare și telemecanizare, trebuie să fie avute în vedere următoarele date:

a) puterea centralei,
b) felul cum funcționează centrala (izolate sau în paralel) precum și rolul ei (bază, vîrf, rezervă),
c) regimul cursului de apă și regimurile agregatelor,
d) amplasarea teritorială a centralei față de alte centrale,
e) tipul centralei,
f) legătura centralei, prin cursul de apă, cu alte centrale,
g) schema de conexiune.

In funcție de aceste date se recomandă:

1. *Comanda la distanță*

a) pentru centrala de putere mijlocie și mare adică peste 20 MW care funcționează izolat de sistem;

b) pentru centrale de putere mijlocie care au însă un rol însemnat în sistemul energetic local;

c) pentru centrale de putere mijlocie și mare și care au stații de interconexiune ale rețelei regionale, avînd un mare număr de linii;

d) pentru centrale de putere mijlocie și mare cu construcții hidrotehnice care cer un control repetat sau manevrarea deasă a stăvilarelor.

2. *Telecomanda*

a) pentru centrale de putere mijlocie şi mare lucrînd în regimuri de vîrf, mai ales atunci cînd agregatele pot fi folosite ca rezervă de avarii în sistemul energetic.

b) de puterea mijlocie şi mică (sub 3 MW) funcţionînd în cascadă şi cu porniri dese ale agregatelor.

3. *Comanda prin autooperator*

La aceste centrale nu se utilizează deloc intervenţia umană. Se recomandă pentru:

a) Centrale de putere mică şi medie fără compensarea diurnă şi au debite care variază în cursul zilei.

b) Centralele de puteri mici şi grafic simplu de sarcină.

4. *Semiautomatizarea*

Semiautomatizarea, deci automatizarea numai a operaţiei de oprire, se recomandă:

a) la centrale de puteri mici ale căror agregate lucrează mult timp fără oprire (de exemplu cele care servesc şi la irigaţii;

b) la centrale de putere foarte mică (200—300 kW) ale căror agregate nu se pornesc mai des decît odată pe zi (centrale pentru gospodări colective).

La alegerea gradului de automatizare trebuie să se aibă în vedere că există un volum minim de operaţii pe care cerinţele actuale ale tehnicii le cer să fie neapărat automatizate; acestea ar fi, de exemplu:

— oprirea agregatelor la cazuri de avarie;

— conectarea automată a elementelor de rezervă (transformatori de rezervă, instalaţii mecanice de rezervă) în cazul defectării elementelor principale;

— închiderea vanelor conductelor forţate la spargerea acestora;

— răcirea agregatelor;

— pornirea şi oprirea compresoarelor ce menţin presiunea constantă în rezervoarele de aer sau ulei sub presiune;

— pornirea şi oprirea pompelor de drenare din galeriile de drenare;

— reglarea automată a excitaţiei generatoarelor;

— reglarea automată a turaţiei agregatelor etc.

Se mai recomandă să fie automatizate următoarele operaţii:

— reglarea frecvenţei;

— reglarea combinatorului turbinei Kaplan în funcţie de cădere;

— comanda automată a vanelor deversoarelor;

— reglarea puterii active în funcţie de debitul apei etc.

Avînd în vedere consideraţiile de mai sus este necesar ca să se analizeze, totdeauna, avantajele automatizării şi telemecanizării în sistemele energetice şi să se utilizeze larg dispozitivele respective pe care tehnica modernă le pune la dispoziţie.

Vizita de informare tehnică întreprinsă în URSS de experţii din grupul de lucru pentru electrificarea rurală din cadrul comisiei economice pentru Europa (C.E.E.) de pe lîngă O. N. U.

În luna august 1955, Ministerul Agriculturii din U.R.S.S. a transmis Secretariatului executiv al CEE (Comisia Economică pentru Europa) invitaţia făcută experţilor din grupul de lucru pentru electrificarea rurală, de a vizita exploatările agricole electrificate, instalaţiile de energie electrică servind la electrificarea agriculturii şi institutele ştiinţifice de cercetări şi experimentare în acest domeniu.

Ca urmare la această invitaţie, au participat la vizita de informare tehnică ce a avut loc între 26 sept. şi 12 oct. 1955, un număr de 32 delegaţi din 18 ţări diferite şi anume : Albania, Austria, Belgia, Bulgaria, Cehoslovacia, Elveţia, Finlanda, Franţa, Italia, Jugoslavia, Olanda, Polonia, Regatul-Unit, R.D. Germană, R.F. Germană, Romînia şi Ungaria. Dintre ţările membre ale CEE nu au lipsit decît Turcia şi Suedia. Au mai participat şi 2 delegaţii ai SUA.

Delegaţia internaţională a fost condusă de dl. Pierre Sevette, şeful secţiei de Energie Electrică al CEE, din partea Organizaţiei Naţiunilor Unite.

Din partea URSS au luat parte : prof. N. A. Sazonov, preşedintele grupului de lucru pentru electrificarea rurală al CEE, director al Institutului Unional de Cercetări pentru Electrificarea Agriculturii ; prof. P. N. Listov, cunoscut specialist în probleme de electrificare rurală ; Kulifiev, director al Direcţiei Generale de Mecanizarea şi Electrificarea Agriculturii din Ministerul Agriculturii URSS şi alţii.

Se subliniază prezenţa printre participanţii străini a unor experţi de competenţă unanim cunoscută ca : prof. G. Denzel (RFG), Cameron Brown (Regatul-Unit), Ch. Crescent (Franţa), L. Postler (CSR), Fr. Ringwald (Elveţia) şi alţii.

Ţara noastră a fost reprezentată prin 2 delegaţii şi anume : Liviu Mănduc, director al întreprinderii Electro montaj Cluj. Călin Mihăileanu, inginer şef al Direcţiei Generale Tehnice din MEEIE.

La începutul vizitei tehnice, grupul de experţi a fost primit la Ministerul Agriculturii din URSS de către primlocoţiitorul ministrului Pavel Sergheevici Kuciumov. La această şedinţă de prezentare au luat parte delegaţii URSS arătaţi mai sus precum şi personalul de conducere şi specialişti din cadrul Ministerului Agriculturii şi Ministerul Centralelor Electrice.

La această şedinţă s-a expus obiectul şi programul vitizitei tehnice.

Desfăşurarea vizitei tehnice s-a efectuat după următorul program :

— Expoziţia agricolă unională la Moscova (pavilionul de electrificarea şi mecanizarea agriculturii).

— Exploatările agricole electrificate din regiunea Moscova (colhozul „Molotov" şi sovhozul „Petrovskoie").

— Centralele hidroelectrice rurale de la Korsun — Sevcenskaia şi Steblev de pe rîul Ross din Ucraina.

— Colhozul electrificat „Komintern" din regiunea deservită de hidrocentralele de mai sus.

— Filiala Institutului de Cercetări pentru electrificarea Rurală din insula Kortiţa (regiunea Zaporoje).

— Hidrocentrala Dnieproghes de pe Nipru.

— Colhozul electrificat „Ilici" din comuna Bielinskoie (regiunea Zaporoje).

— Combinatul metalurgic Zaporojstal.

— Santierul de construcţie al centralei hidroelectrice de la Kahovca pe Nipru.

— Filiala Institutului de cercetări pentru electrificarea rurală din Tbilisi (R.S.S. Gruzină).

— Hidrocentralele rurale automatizate de la Tiriponie şi Igoeti (R.S.S. Gruzină).

După cum se poate vedea din programul expus mai sus, experţii străini au luat cunoştinţă de realizările ştiinţei şi tehnicei sovietice în diferite feluri :

a) în expoziţia agricolă unională (Pavilionul de Electrificarea şi Mecanizarea Agriculturii) unde sînt prezentate peste 1200 maşini de diferite tipuri folosite în agricultură ;

b) în filialele Institutului de Cercetări pentru Electrificarea Agriculturii unde cercetătorii elaborează noi metode şi prototipuri de maşini şi instalaţii electrificate ;

c) în sistemele energetice ale Ministerului Agriculturii care conţin centrale, reţele şi staţii electrice ;

d) în colhozuri şi sovhozuri unde se experimentează şi se aplică metodele şi maşinile moderne nou elaborate şi se extind după ce sînt asimilate din industrie.

În obiectivele vizitate s-au remarcat printre altele următoarele instalaţii şi maşini electrificate :

1. *În colhozuri şi sovhozuri*

— instalaţii electro-pneumatice centralizate, fixe şitransportabile pentru mulsul vacilor

— instalaţie electro-pneumatică de spălat şi ţesălat vitele ;

— instalaţie de prepararea hranei pentru animale cu acţionare electrică şi cu abur produs de un mic cazan ;

— instalaţie automatizată de alimentarea cu apă a tuturul clădirilor unei ferme ;

— instalaţii de raze ultra-violete, fixe şi mobile, pentru tratamentul vitelor mari, porcilor şi păsărilor ;

— instalaţie mecanizată, acţionată electric pentru transportor hranei la grajduri ;

— instalaţie mecanizată, acţionată electric pentru evacuarea gunoiului din grajduri ;

— aratul cu tractorul electric, care a prezentat un deosebit interes pentru experţii străini.

2. *În Filiala Institutului de Cercetări pentru Electrificarea Agriculturii din insula Hortiţa pe Nipru.*

— 2 noi prototipuri de tractor electric ;

— 2 prototipuri de combaine autopropulsate electrice ;

— microcentrală eoliană de 28 kW cu generator sincron de curent alternativ, funcţionînd în paralel cu termocentrală de putere asemănătoare ;

— fermă model pentru creşterea vitelor cornute mari dotată cu microcentrală de termoficare cu maşină de abur cu piston de 30 kW ;

— instalaţie de sere încălzite electric ;

— laborator de cercetări pentru uscarea fructelor pe cale naturală, cu electrocalorifer şi cu curenţi de înaltă frecvenţă şi vid ;

— instalaţie industrială pentru producerea de biogaz (combustibil cu multiple utilizări obţinut pe calea accelerării ciclului de fermentaţie al gunoiului de grajd în instalaţii închise) ;

— laborator pentru electrofiziologia plantelor ;

— instalaţie pentru uscarea gogoşilor de mătase cu curenţi de înaltă frecvenţă ;

— 2 noi prototipuri de maşini pentru tuns oi ;

— laborator de centrale şi reţele electrice pentru studiul automatizării centralelor hidroelectrice rurale şi al sistemului de transport al energiei electrice doi conductori-pămînt (DCP).

În cursul vizitei de informare tehnică au fost făcure trei comunicări de către experţii străini şi anume :

— dl. Pierre Sevette (CEE) : „Problema amenajării în viitor de centrale termonucleare în Europa".

— dl. Douglas Campbell (SUA) : „Situaţia electrificării rurale în SUA la finele anului 1954"

— dl. Fritz Ringwald (Elveţia) : „Influenţa luminii artificiale asupra creşterii plantelor"

În timpul şederii în RSS Ucraina şi RSS Gruzină delegaţia a fost primită şi însoţită permanent de prim locţiitorii ministerului agriculturii ai republicilor respective : Grizha în RSS Ucraina şi Kociani în RSS Gruzină.

În tot timpul vizitei la diferitele obiective delegaţia a fost primită şi însoţită de personal local de conducere care a furnizat toate informaţiile necesare şi a răspuns la toate întrebările şi lămuririle cerute de diferiţi experţi. Vizita a decurs într-un spirit cu totul deschis punîndu-se la dispoziţie tot materialul documentar necesar unei bune informări tehnice, fără nici un fel de rezervă.

Ca urmare a acestui larg spirit de colaborare și schimb de informație tehnică și social culturală, experții străini au manifestat o vie satisfacție și mulțumire pentru prețioasele cunoștințe pe care le-au putut căpăta mulțumind în repetate ocazii în mod călduros pentru primirea caldă și prietenească ce le-a fost făcută atît de forurile oficiale cît și de poporul sovietic. De asemenea, în absolut toate ocaziile s-au subliniat din partea tuturor contribuția însemnată adusă de această vizită tehnică prieteniei între popoare și înțelegerii reciproce între acestea, cum și avantajele ce decurg din acest schimb de experiență pentru progresul tehniciei în toate țările în scopul ridicării nivelului de trai al popoarelor.

La sfîrșitul vizitei tehnice a avut loc o ședință de încheiere la Ministerul Agriculturii prezidată de Acad. Askocinski, locțiitorul ministrului. La această ședință s-a cerut părerea și critica experților celor văzute în URSS. In unanimitate s-a exprimat din partea experților atît gratitudinea pentru că s-a permis o vizită atît de detaliată și instructivă cu o organizare perfectă cît și admirația pentru înaltul nivel la care a ajuns știința și tehnica sovietică în domeniul aplicațiilor energiei electrice în mediul rural.

RECENZII

UGHINCIUS A. A. prof.; BOMCINSKII I. P. ing.: Aparatura de măsură și control pentru construcțiile hidrotehnice Gosstroizdat, Moscova, 1954.

Volumul descrie aparatura de măsură și control utilizată la cercetarea construcțiilor hidrotehnice. El poate fi împărțit în trei părți.

Prima parte este o introducere în care se descriu problemele de cercetare ale construcțiilor. Autorul divide aceste probleme în trei grupe:

a) Observația sistematică a stării construcțiilor
b) Studiul condițiilor de lucru a construcțiilor
c) Lucrări de cercetare științifică de interes general.

Cercetările care fac obiectul lucrării sînt:

a) Deformațiile construcțiilor hidrotehnice
b) Filtrația în condițiile hidrotehnice
c) Hidraulica construcțiilor: conjugarea biefurilor, hidraulica ecluzelor, capacitatea de evacuare a debitelor mari etc.
d) Condițiile de lucru în timpul iernii
e) Condițiile de lucru ale stăvilarelor.
f) Hidraulica canalelor: deformația albiei, condiții hidraulice de scurgere, filtrația apei din canale, etc.
g) Probleme ale lacurilor de acumulare.

Partea a doua a lucrării cuprinde descrierea amănunțită a aparatajului și instalațiilor de măsură. Aparatajul analizat este împărțit în următoarele categorii după scopul lui.

a) Aparataj pentru observarea depunerilor: borne, martori, etc.
b) Aparataj pentru observarea filtrației; piezometre.
c) Aparataj pentru controlul și măsurarea distanțelor și deformațiilor.

Dintre aparatele și instalațiile analizate cele mai importante și cele asupra cărora autorul inistă cel mai mult sînt cele din ultima categorie: instalații cu corzi vibrante, dinamometre, piezometre de telemăsură și diferite tipuri de tensometre. Autorul se ocupă în mod special de instalarea și montajul aparatelor.

Partea treia se ocupă cu metodica observațiilor și a cercetărilor precum și cu prelucrarea datelor obținute. Autorul împarte metodica observațiilor în patru grupe principale.

a) observarea deformațiilor construcțiilor de beton;
b) observarea deformațiilor barajelor și digurilor de pămînt;
c) observarea filtrației pe sub construcțiile de beton;
d) observarea filtrației prin baraje și diguri de pămînt.

In ceea ce privește metodica cercetărilor după o privire de principiu asupra cercetărilor, autorul insistă asupra cercetărilor speciale din hidraulica ecluzelor.

Volumul constituie o sistematizare a unor lucrări existente în mare parte în diferite articole din revistele de specialitate sau conținute în cursurile de construcții hidrotehnice. In consecință volumul conține date suficiente pentru efectuarea cercetărilor indicate.

Avînd în veere că aparatura descrisă este necesară în toate construcțiile hidrotehnice importante, lucrarea prezintă un real interes atît pentru proiectanți acestor construcții cît și pentru personalul de întreținere. *Ing. F. A.*

IDELCIK I. E.: Rezistențe hidraulice (Ghidravlicheskie soprotivlenie) Gosenergoizdat Moscova-Leningrad 1954.

In acest volum, autorul se ocupă de problemele rezistenței hidraulice, prezentînd rezultatele cercetărilor teoretice și experiențele asupra mișcării lichidelor și gazelor în țevi și canale de diferite forme.

Problemele analizate sînt:

– intrarea curentului în conducte și canale;
– modificări bruște de secțiune;
– modificări continue de secțiune;
– strangulări;
– vane și labirinturi;
– grătare;
– coturi și curbe;
– teri;
– ieșirea curentului din conducte și canale.
– mișcarea în conducte și canale linerare.

Pentru fiecare din aceste probleme sînt date numeroase exemple practice și se dau rezultatele experimentale obți..ute. Numărul mare de cazuri prezentate nu permite o analiză a tuturor rezultatelor. In cele de mai jos se indică numai modul în care autorul prezintă problema.

In primele nouă capitole, autorul se ocupă de determinarea coeficientului de rezistență din formula:

$$\Delta H = \xi \sigma \frac{v^2}{2}$$

In plus, autorul mai are în vedere și repartiția vitezelor în curent precum și forma liniilor de curent în diferite cazuri. El insistă asupra influenței factorilor geometrici asupra coeficientului de rezistență.

In cazul coturilor pe care autorul le studiază cu deosebită atenție se cercetează și influența numărului Reynolds și a rugozității relative.

In ceea ce privește pierderile lineare, de care autorul se ocupă mult mai pe scurt, se sintetizează rezultatele existente asupra coeficientului de rezistență λ, pentru diferitele regimuri de scurgere.

Cartea este scrisă pentru inginerii și tehnicienii din producție; în consecință autorul prezintă numai rezultatele încercărilor și formulele empirice deduse din aceste rezultate, fără să intre într-o analiză mai profundă a fenomenelor.

La sfîrșitul volumului, autorul indică o bogată bibliografie de peste optzeci de titluri.

Lucrarea este deosebit de valoroasă, datorită faptului că dă o dezvoltare a acestui capitol al hidraulicei practice și prin bogatul conținut de rezultate experimentale și diagrame semnificative.

Ing. A. F.

ACADEMIA REPUBLICII POPULARE ROMÎNE
INSTITUTUL DE STUDII ROMÎNO-SOVIETIC

PREZENTARE

„Cercetări de termotehnică". Seria tehnică nr. 32.

Noul volum din Biblioteca Analelor Romîno-Sovietice seria tehnică, cuprinde o serie de studii teoretice, consacrate unor probleme de actualitate în domeniul termotehnicii şi termodinamicii tehnice.

In articolul *„Cercetări sovietice recente în teoria şi tehnica arderii"*, elaborat pe baza unor studii ale cercetătorilor sovietici, se expun cele mai noi rezultate în studiul arderii sistemelor gazoase omogene, arderii şi gazeificării combustibililor solizi etc. Se studiază evoluţia fizico-chimică a proceselor de aprindere în lanţ, determinarea formulelor pentru stabilirea vitezei de propagare a flăcării, limitele de propagare a flăcării, arderea rapidă şi arderea turbulentă etc.

Analiza dimensională care a deschis perspective vaste în cercetarea ştiinţifică prin posibilitatea pe care o dă de a stabili matematic unele legi de desfăşurare a unor fenomene fizice, şi-a găsit aplicaţii vaste în termodinamică şi termotehnică. Aplicaţii interesante în acest domeniu sînt prezentate în studiul lui M. V. Kirpicev.

După ce expune metodele de analiză dimensională aplicate de Appel, Federman, Tolman, Buckingam şi Rayleigh, autorul ajunge la concluzia că în cazurile cînd pentru rezolvarea unei probleme se pot utiliza şi analiza dimensională şi analiza ecuaţiilor de legătură, cea din urmă metodă trebuie preferată, deoarece dă totdeauna rezultate destul de sigure. Numai dacă ecuaţiile de legătură sînt necunoscute, rămîne să apelăm la analiza dimensională.

O aplicare interesantă a teoriei similitudinii la calculul termotehnic este prezentată în articolul lui V. I. Lahanin *„Calculul termotehnic al maşinilor cu abur navale cu expansiune multiplă, bazat* pe teoria similitudinii". In acest studiu se propune o nouă metodă de rezolvare a două probleme principale din teoria maşinilor cu abur cu piston, referitoare, la maşinile cu abur cu expansiune multiplă ale navelor şi anume: stabilirea relaţiei dintre indicii termici ai maşinii respective şi parametrii care determină procesul lor termic şi elaborarea metodelor de calcul termic care să permită alegerea variantei optime. Articolul aduce o preţioasă contribuţie la dezvoltarea teoriei maşinilor cu abur cu expansiune multiplă şi sintetizează în tabele recapitulative principalele rezultate pe baza cărora se poate conduce corect calculul maşinilor cu abur.

Energia atomică îşi găseşte în Uniunea Sovietică aplicaţii din ce în ce mai largi în domeniul activităţii de cercetare ştiinţifică. *„Experienţa folosirii izotopilor radioactivi pentru cercetarea purităţii aburului într-un cazan semiindustrial la presiuni foarte înalte"*, este redată în articolul lui T. H. Margulova. Metoda izotopilor radioactivi care poate fi aplicată chiar în condiţii semiindustriale dă rezultate foarte precise şi în unele cazuri este singura metodă posibilă.

Volumul aduce o nouă contribuţie la studiul problemelor energetice cu ajutorul modelării electrice prin prezentarea studiului *„Model electric al unei reţele de termoficare"* de V. F. Berednikova.

Teoria arderii combustibililor a fost dezbătută recent în U.R.S.S. la o sesiune tehnico-ştiinţifică a Institutului de energetică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. Sub forma unei relatări a discuţiilor care au avut loc, *A. S. Predvoditelev* expune o serie de probleme de actualitate din teoria arderii, arătînd care sînt concluziile cele mai recente asupra acestor probleme.

O problemă de mare actualitate pentru energetică este obţinerea unor combustibili gazoşi cu putere calorifică mare din combustibilii solizi. Metodele actuale nu sînt economice. Metodele moderne de obţinere a gazului cu putere calorifică mare şi a combustibililor lichizi artificiali, se bazează pe prelucrarea termică a combustibililor solizi într-un mediu fără aer. Bazele teoretice ale acestui proces sînt încă foarte puţin studiate. Studiul lui *Z. F. Ciuhanov „Bazele teoriei tratamentului termic al combustibililor"* aduce în acest sens completări foarte interesante.

Volumul mai cuprinde un studiu al lui *P. K. Konakov* despre *„Cîteva legi ale schimbului de căldură prin radiaţie"* în care autorul propune o soluţionare matematică originală a acestei probleme pe baza vectorului energiei radiante precum şi un studiu experimental efectuat de *G. N. Hudeakov*: „Despre schimbul de căldură într-o suspensie în gaze". O altă aplicare interesantă a teoriei similitudinii este prezentată în studiul succint al lui *I. D. Liaskovski „Calculul termic al compresoarelor de aer cu piston bazat pe teoria similitudinii"*

Studiile publicate în noul volum apărut în seria tehnică a Bibliotecii Analelor Romîno-Sovietice, au un nivel ştiinţific înalt, ele adresîndu-se cercetătorilor, inginerilor, cadrelor didactice şi studenţilor înaintaţi.

REVISTA „ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice * Redacţia: Bucureşti, str. Ioan Ghica nr. 3. Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 il 3.07.30 * Administraţia şi Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raionul I. V. Stalin * Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 * Abonamentele se primesc la toate oficiile poştale de la oraşe şi sate, prin factorii poştali la secţiile raionale de Difuzare a Presei şi la *sediul Redacţiei din str. Ioan Ghica nr. 3* Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual; Preţul unui exemplar: lei 5.

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

E 295 d

KAT

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

11

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

S U M A R

Pag.

D. Buimovici : Utilizarea complexă energo-chimică a lignitilor 489
T. Popa : Calculul conductelor de abur. . . 495
D. Martac : Metode de măsurare a curentului de punere monofazat la pămînt în rețelele electrice cu neutrul izolat. 506
P. Wisner : Cercetări pentru mărirea capacității de trecere a unei galerii de deviere . . . 517

SCHIMB DE EXPERIENȚĂ

T. Iliescu : Importanța organizării primirii și predării schimbului la centralele electrice . 524

PENTRU NOILE CADRE

A. Petrescu : Metodologia planificării producției de energie electrică. 523
ENERGETICA DE PESTE HOTARE. . . . 532
DOCUMENTARE. 535
RECENZII 536

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Д. Буймович: Комплексное энергохимическое использование бурых углей 489
Т. Попа: Расчет паропроводов 495
Д. Мартак: Методы измерения однофазного замыкания в электрических сетях с изолированной нейтралью 506
П. Виснер: Исследования по увеличению проходной способности деривационной галереи 517
Т. Илиеску: Значение организации приема и сдачи смены на электростанциях 524

НОВЫМ КАДРАМ

А. Петреску: Методология планирования производства электроэнергии 526
ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА 535
ДОКУМЕНТАЦИЯ 535
РЕЦЕНЗИИ 536

SOMMAIRE

page

D. Buimovici: L'utilisation complexe énergochimique des lignites 489
T. Popa: Le calcul des conduites à vapeur . 495
D. Martac: Méthode de mesure du courant monophasé de mise à la terre dans les réseaux électriques à neutre isolé 506
P. Wisner: Recherches pour l'augmentation de la capacité de passage d'une galerie de déviation 517

ECHANGE D'XPERIENCE

T. Iliescu : Problèmes spéciaux de l'organisation de l'exploitation des centrales électriques au moment du changement des équipes 521

POUR LES NOUVEAUX CADRES

A. Petrescu ; Méthode de planification de la production de l'énergie électrique 523
L'ENERGETIQUE À L'ÉTRAGER 532
DOCUMENTATION 535
RECENSIONS 536

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

D. Buimovici : Komplexe energochemische Verwendung der Braunkohlen 489
T. Popa : Berechnung von Dampfrohrleitungen 495
D. Martac : Verfahren zur Messung des einphasigen Erdstromes in elektrischen Netzen mit isoliertem Nullpunkt. 506
P. Wisner : Forschungen über die Erhöhung der Durchgangsleistung eines Ablaufstollens 517

ERFAHRUNGSAUSTAUSCH

T. Iliescu: Ueber die Bedeutung der Organisation der Ab- und Uebernahme beim Schichtenwechsel in elektrische Kraftwerke . . 524

FUER JUNGINGENIEURE

A. Petrescu : Planungsmethodik für Elektrizitätsversorgungsunternehmen 526
ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND . . 532
BÜCHERSCHAU 535
REGENZIONNEN 536

E 2051 l
Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

III ★ 1955 ★ Nr. 11 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

UTILIZAREA COMPLEXĂ ENERGOCHIMICA A LIGNIŢILOR

Ing. D. BUIMOVICI

Cărbunele găseşte două largi utilizări : în producerea de energie, unde constituie însăşi sursa producătoare de energie, şi în diferitele procese tehnologice, unde constituie fie materia de bază ce se prelucrează, fie materia auxiliară necesară prelucrării materiei de bază. Aceste două direcţii s-au dezvoltat independent una de alta, prima căzînd în sfera de preocupări ale energeticii, ale termotehnicii, pe cînd cea de a doua constituind domeniul chimiei cărbunelui.

Un exemplu de utilizare complexă îl constituie cocsificarea cărbunilor. Cocsul este folosit drept combustibil în industria metalurgică sau pentru consumul casnic, din gudroane se extrag preţioase substanţe, iar gazele de cocserie sînt folosite fie iarăşi drept combustibil, fie ca materie primă din care se extrage hidrogenul, cu prelucrările sale ulterioare.

Dar largei aplicări acestui sistem de utilizare complexă i se opun rezervele reduse de cărbuni posedînd calităţile necesare pentru cocsificare. In plus, folosirea pur energetică a cocsului nu constituie o soluţie economică.

Prin gazeificarea cărbunilor, randamentul în gudroane este relativ scăzut. Instalaţiile de gazeificare sînt scumpe (mai scumpe decît în cazul semicocsificării) mai ales atunci cînd se aplică metodele înaintate de gazeificare sub presiune, cu suflaj de oxigen etc. Gazeificarea combustibililor solizi îşi găseşte raţiunea doar pentru anumite domenii (consumul casnic, industria chimică etc.) dar în orice caz nu poate fi recomandată ca o soluţie pentru utilizarea complexă energochimică unde accentul cade pe latura producţiei de energie şi unde eforturile trebuie îndreptate spre folosirea raţională a combustibililor în starea solidă în care se află, fără gazeificare prealabilă, ceea ce ar scumpi considerabil preţul de cost al energiei produse.

In schimb metoda semicocsificării se arată a fi foarte indicată pentru acest scop. Spre diferenţă de cocsificare, această metodă este aplicabilă pentru o gamă foarte largă de sorturi de combustibili solizi între care şi combustibili inferiori, cu mult conţinut de materie minerală. Ori tocmai acesta este cazul ligniţilor din R.P.R. Randamentul în gudroane, comparînd cele trei căi de prelucrare a cărbunilor, este cel mai ridicat în cazul semicocsificării. Puterea calorifică a gazelor de semicocsificare este suficientă (3 000—4 000 kcal/Nm^3) pentru a fi utilizate, fără aplicarea vreunui procedeu special de înobilare, în consumul casnic şi în instalaţii industriale.

Avantajele semicocsificării devin şi mai atrăgătoare, cînd această metodă este aplicată la combustibilii inferiori. După cum se ştie, aceştia au un preţ de cost îndeajuns de ridicat. Folosirea lor largă se explică deci nu prin considerente economice imediate, ci prin insuficienţa resurselor şi producţiei de combustibili, superiori, ceea ce cauzează aplicarea unei politici juste, prevăzătoare, de folosire raţională a tuturor resurselor energetice raţionale. Utilizarea energochimică ameliorează, între altele şi acest aspect negativ. Prin extragerea substanţelor valoroase din combustibilii inferiori, în speţă gudroanele şi folosirea lor nu la combustie, ci la producerea de diverşi compuşi chimici foarte preţioşi în procesele de fabricare a benzinei sintetice, a maselor plastice etc. preţul de cost al cărbunelui folosit la ardere scade apreciabil.

Aplicarea semicocsificării mai are însă şi un alt aspect pozitiv. O parte din masa combustibilă a cărbunelui inferior este transformată în gaze combustibile. Combustibilul gazos este mult mai convenabil decît cel solid în numeroase domenii de întrebuinţare, şi în special această

problemă se pune pentru alimentarea centrelor populate cu gaze.

Se prevede deci, şi ne referim în special la cărbunii inferiori să se creeze combinate energochimice, unde cărbunele brut este în prealabil introdus în instalaţia de semicocsificare. Din gaze se extrag prin condensare gudroanele, care sînt supuse unui întreg proces de prelucrări chimice. Gazele sînt mai departe trimise pe reţeaua de alimentare a centrelor populate din apropiere, precum şi pe reţeaua de consum intern al combinatului energochimic.

Semicocsul rezultat este trimis imediat după ieşirea din cuptorul de semicocsificare la cazanele de abur ale centralei electrice a combinatului, care va furniza curent pentru nevoile interne şi pentru reţeaua electrică generală.

Această schemă de combinat energochimic este prezentată în forma sa cea mai simplă. Se pot indica însă scheme mai complicate, cuprinzînd fabrică de brichete, fabrică de produse silicate din zgură de la cazane etc. la care bineînţeles randamentul economic global va fi mai ridicat.

Arderea semicocsului în focarele cazanelor combinatului în loc de cărbune brut crează condiţii mai favorabile pentru funcţionarea acestora. Cazanele primesc un combustibil practic uscat, şi ceea ce este foarte important, cu umiditate constantă. Acest din urmă fapt uşurează apreciabil exploatarea cazanelor, simplifică şi reduce sistemele de reglaj şi control. Semicocsul posedă o reactivitate foarte pronunţată, astfel încît se aprinde aproximativ tot atît de repede în focar ca şi cărbunele primar, care este mai bogat în substanţe volatile. In schimb pierderile prin ardere chimică incompletă se micşorează, suprafeţele metalice nu se acoperă cu funingine, etc. Dintre dezavantajele ce apar prin arderea semicocsului în locul cărbunelui brut, mai importante sînt: creşterea uzurii metalului la mori (la instalaţiile de pulverizare) şi securitate mai redusă din cauza tendinţei pronunţate a semicocsului la autoaprindere.

Iată dar că o serie întreagă de fapte pledează pentru aplicarea semicocsificării la utilizarea energochimică a combustibililor solizi, în special al celor inferiori. Desigur că toate aceste considerente au fost cunoscute încă de mult şi în consecinţă au apărut şi încercări de a le pune în practică. Aceste încercări au rămas însă izolate şi limitate, deoarece nu au reuşit să înlăture o serie întreagă de neajunsuri.

In Germania semicocsul era folosit, în mod sporadic, la centralele electrice. Au fost şi cazuri cînd întreaga producţie de semicocs a fabricii mergea la cazanele centralei electrice proprii. Particularitatea acestei scheme constă însă din aceea, că cele două procese, tehnologic şi energetic, erau realizate complet separat. Semicocsul produs, în loc să fie expediat pentru diverşi consumatori, era ars în propriile cazane; nu exista însă o legătură organică între cele două procese.

Instalaţiile complexe de acest gen au apărut de mai bine de douăzeci de ani. Citǎm focarul sovietic tip Pomeranţev pentru rumeguş de lemn şi turbă — cu grătar înclinat (stratul de combustibil fiind comprimat printr-un fascicol de ţevi fierbătoare), unde gazele produse în prima zonă a grătarului sînt absorbite (printr-un ejector) şi conduse în instalaţiile speciale pentru separarea gudroanelor.

In ultimii ani în Ungaria se fac încercări de folosire în acest scop a grătarelor catenare. Gazele de ardere din partea posterioară a grătarului sînt dirijate într-o încăpere, situată deasupra grătarului, în partea anterioară. Aici are loc semicocsificarea cărbunelui proaspăt introdus. Semicocsul produs cade din această încăpere direct pe grătar. Prin acest sistem se extrage însă numai 50 — 60% din cantitatea totală de gudroane ce se poate obţine.

Instalaţiile descrise, ca şi altele asemănătoare, prezintă marele dezavantaj al unei producţii foarte restrînse, de ordinul a cîteva tone de cărbune pe oră. Chiar instalaţiile cele mai puternice nu au un consum de cărbune care să depăşească 15 t/h, cu o producţie corespunzătoare de 8 — 10 t/h semicocs. In schimb cazanele uzuale astăzi la o centrală electrică, cu o producţie de abur de 170 — 230 t/h, necesită un consum de 30 — 80 t/h semicocs; sînt deci necesare mai multe cuptoare pentru fiecare cazan, ceea ce desigur nu constituie o soluţie acceptabilă. Aceste instalaţii de semicocsificare funcţionează pe principiul încălzirii interne, cu gaze fierbinţi. Ele sînt mari, scumpe, iar gazele de semicocsificare produse au o putere calorifică redusă ($< 1\,000$ kcal/Nm^3 ceea ce le restrînge mult domeniul de folosire.

Din această cauză punerea în practică a utilizării complexe a combustibililor era condiţionată de crearea de instalaţii de semicocsificare de mare productivitate, dar care în acelaşi timp să nu fie incomode şi nici prea scumpe. De asemenea se cerea ca gazele produse să aibe o putere calorifică de aproximativ 3 000 kcal/Nm^3, care să le facă apte, fără alte prelucrări, pentru consumul casnic. Toate ideile şi încercările în această direcţie au trei caracteristici comune.

a) folosirea de cărbune cît mai fin măcinat. Cu cît dimensiunile particolelor de cărbune sînt mai mici, cu atît schimbul de căldură, precum şi cinetica reacţiilor sînt mai intense;

b) aplicarea principiului încălzirii interioare. Instalaţiile cu încălzire externă — au avantajul producerii de gaze bogate precum şi a unui randament mai mare în gudroane, în schimb sînt limitate în productivitate şi în plus sînt mult mai scumpe decît instalaţiile cu încălzire interioară;

c) organizarea unei scheme adecvate de semicocsificare pentru a se produce gaze cu putere calorifică de minimum 3 000 kcal/Nm^3.

In rîndurile de mai jos sînt descrise sumar instalaţiile realizate sau în curs de realizare.

Ele pot fi divizate în trei categorii, după agentul purtător de căldură :

a) instalaţii cu purtător de căldură gazos ;

b) instalaţii cu purtător de căldură solid ;

c) instalaţii cu purtător de căldură mixt (solid şi gazos).

In cadrul primei categorii figurează aproape toate tipurile de instalaţii de semicocsificare cunoscute. Z. F. Ciuhanov a propus o nouă schemă, bazată pe următoarele consideraţii de ordin teoretic asupra proceselor de descompunere termică în cadrul semicocsificării.

Degazarea cărbunelui în prima fază are loc foarte rapid şi în general nu durează mai mult de cîteva secunde. In acest timp se degajează în special bioxid de carbon, apa pirogenetică şi parţial oxid de carbon.

Cea de a doua fază a degajării durează considerabil mai mult, cîteva minute. In acest timp se degajează produsele care prin condensare vor da gudroanele.

Tinînd seama de această succesiune în timp a celor două faze Z. F. Ciuhanov a propus următoarea schemă de semicocsificare (fig. 1). Praful de cărbune, obţinut printr-o măcinare prealabilă, pătrunde din buncărul a pe conducta b, unde vine în contact cu gazele de ardere de la cazan şi se încălzeşte (în 0,2 — 0,4 s) pînă la temperatura dorită (450 . . . 550°C). In ciclonul c are loc separarea rapidă a gazelor de praf care pătrunde în camera e, unde are loc datorită căldurii deja înmagazinate, semicocsificarea propriu zisă. Gazele de semicocsificare sînt captate pe conducta f, iar semicocsul praf este transportat pneumatic pe conducta i la arzătoarele cazanului.

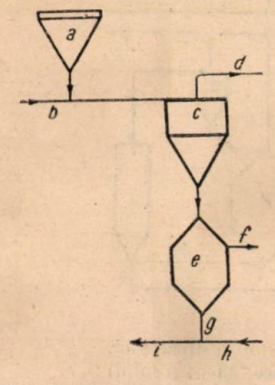


Fig. 1. Schema de semicocsificare cu purtător de căldură gazos :

a — buncăr de praf de cărbune ; *b* — conductă gaze arse ; *c* — ciclon ; *d* — conductă gaze spre camera de bertinizare *e* — cuptor de semicocsificare ; *f* — conducta gaze de semicocsificare ; *g* — conductă semicocs praf ; *h* — conductă aer şi gaze arse ; *i* — conductă amestec semicocs praf, aer, gaze arse spre cazan.

Prin aplicarea acestui procedeu se obţine un randament mai ridicat în gudroane, iar gazele produse, fiind eliberate de o mare cantitate de CO_2 şi vapori de apă, au o putere calorifică foarte ridicată, de 6 000 — 9 000 kcal/Nm³.

Tot în cadrul primei categorii poate fi menţionată şi o instalaţie pusă în funcţiune de curînd în U.S.A.

In U.S.A. însă ideia utilizării complexe a combustibililor solizi a fost realizată cu un scop mult mai restrîns şi anume reducerea preţului de cost al cărbunelui întrebuinţat la o centrală electrică, prin prealabila extragere a gudroanelor şi vinderea acestora la un preţ avantajos. Din acest motiv autorii proiectului nu au dat atenţie producţiei de gaz, care oricum trebuia să fie ars tot în cazanele centralei şi au adoptat un procedeu (denumit procedeul Parry) la care gazele de semicocsificare au o putere calorifică de 1 450 kcal/Nm³, ceea ce desigur le face improprii pentru a fi livrate unor consumatori externi. In esenţa sa procedeul nu este decît o reeditare a schemei clasice de semicocsificare cu încălzire interioară, care însă a fost combinată şi cu încălzire exterioară, obţinîndu-se astfel o intensificare a

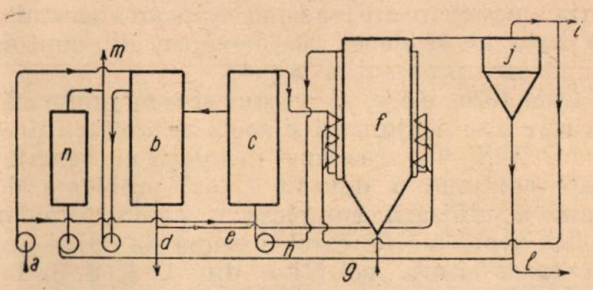


Fig. 2. Schema de semicocsificare cu purtător de căldură gazos şi cu încălzire externă :

a — aer ; *b* — preîncălzitor de aer (de sup) *c* — preîncălzitor de aer (de amestec) *d* — aer purtător pentru cărbune de la uscător la cuptorul *f* ; *e* — aer pentru cuptorul *f* ; *f* — cuptor de semicocsficare ; *g* — cărbne uscat şi aer la *d* ; *h* — recirculaţie gaze arse ; *i* — gaz de semicocsificare ; *j* — separator praf semicocs ; *l* — conducta de aer — semicocs praf spre cazan ; *m* — conducta gaze arse spre coş ; *n* — răcitor pentru gaze arse.

procesului de semicocsificare. Cărbunele brun din Texas, cu putere calorifică de 3 880 kcal/kg şi cu umiditate de 36% este măcinat pînă la 6 mm dimensiune maximă şi apoi uscat pînă la 4% umiditate într-o instalaţie separată. De aici cărbunele uscat este adus de către un curent de aer cald la instalaţia de semicocsificare (fig. 2).

Aerul cald (~ 370°C) este produs în preîncălzitorul b, o parte din aer este trimis direct în cuptor printr-o gură separată tangenţială. Amestecul de aer şi praf de cărbune de la uscător este introdus axial la baza cuptorului, şi în regim turbulent parcurge cuptorul de jos în sus, în care timp se dezvoltă şi se încheie procesele de descompunere termică.

Cuptorul este încălzit exterior de gaze de ardere, produse prin arderea unei părţi din gazele de semicocsificare. Temperatura de ardere este menţinută la 1 040°C. In cuptor temperatura nu depăşeşte 480°C. Din cuptorul e amestecul de gaze şi semicocs praf este trecut succesiv prin două cicloane. Semicocsul separat este trimis la cazane pe cale pneumatică, folosindu-se o parte din gazele de ardere, în prealabil răcite (pentru a se evita autoaprinderea).

Cîte trei asemenea instalaţii complete (incluzînd şi instalaţia de uscare a cărbunelui) sînt prevăzute pentru fiecare cazan al centralei electrice, cu producţie orară de abur de 364 t. Cazanul este legat monobloc cu o turbină de 80 000 kW.

O instalaţie asemănătoare, de mare producţie este în curs de realizare în Germania.

In cea de a doua categorie de instalaţii purtătorul de căldură este în stare solidă. In general în acest scop este întrebuinţat semicocs

încălzit pînă la temperatura de 700 . . . 750°C, dar există şi proiecte în care drept purtător de căldură este prevăzută cărămida sau bile de corund sintetic.

Ideia folosirii chiar a semicocsului drept purtător de căldură a apărut acum 30 ani, sub forma cuptoarelor rotative Morgan. Semicocsul din cuptor este încălzit prin arderea sa parţială, după care se întrerupe suflarea de aer şi se introduce porţia de cărbune proaspăt. Prin amestecare are loc semicocsificarea acestuia. O parte din semicocs este descărcat din cuptor, după care procesul se repetă.

Caracterul ciclic al acestui sistem provoacă, printre alte neajunsuri şi acela al limitării productivităţii. Crearea unei instalaţii cu funcţionare continuă a devenit astăzi problema de bază a utilizării complexe a combustibililor solizi, problemă de care se ocupă de cîţiva ani în coace cîteva colective din U. R. S. S. La un stadiu foarte avansat a ajuns Institutul Termoenergetic al Academiei Ucrainene din Kiev. Schema instalaţiei este arătată în (fig. 3).

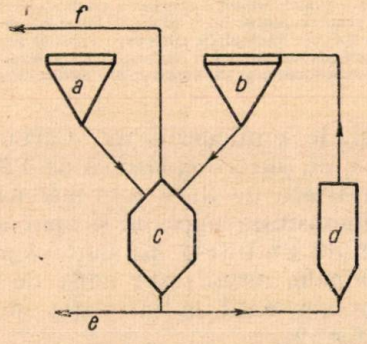


Fig. 3. Schema de semicocsificare cu purtător de căldură solid :

a — buncăr pentru cărbune; *b* — buncăr pentru semicocs încălzit; *c* — cuptor de semicocsificare; *d* — cuptor încălzire semicocs; *e* — alimentator de semicocs spre cazan; *f* — conducta de gaze semicocsificate.

Cărbunele din buncărul a şi semicocsul aceluiaşi cărbune încălzit pînă la 700 . . . 750°C, din buncărul b, pătrund în camera de amestec situată în partea superioară a cuptorului de semicocsificare c. Aici are loc o primă încălzire a cărbunelui, care pătrunzînd în cuptorul propriu zis de semicocsificare, îşi ridică temperatura pînă la 500°C şi se desăvîrşeşte procesul de semicocsificare. La ieşirea din cuptor o parte din semicocs este trimis la sala cazanelor, iar restul este recirculat prin cuptorul de încălzire d.

Redăm cîteva din rezultatele obţinute cu un cărbune brun cu următoarele caracteristici :

Umiditatea 18,5—21%, cenuşă 15—21%, materii volatile ~ 54%.	
Randamentul în gudron (la masa uscată)	11,9—13,2%
Randamentul în gaze (la masa uscată)	18,2—23,1%
Putere calorifică a gazelor	3184—3246 kcal/m³N
Recircularea semicocsului purtător de căldură (în raport) cu greutatea cărbunelui introdus	4,8—7,5 kg/kg
Cenuşă în semicocs	40%
Materii volatile	6%
Putere calorifică	4 000 kcal/kg.

In urma experienţelor s-a constatat o antrenare accentuată a prafului (cărbune şi semicocs) în sistemul de condensaţie, ceea ce produce o scădere a calităţii gudroanelor şi în anumite cazuri chiar înfundarea sistemelor de condensaţie.

O instalaţie asemănătoare, purtătorul de căldură fiind încă corundul sintetic, este în curs de realizare în Germania.

In ultimii doi trei ani, savanţii sovietici folosind experienţa cîştigată la cele două tipuri de instalaţii, au imaginat şi realizat schema existentă de semicocsificare cu purtător de căldură gazos şi solid (fig. 4).

Cărbunele, în prealabil măcinat (pînă la 1—2 mm) este încălzit (pînă la 300 — 500°C) de către gaze de ardere (absorbite din cazan) în camera de bertinizare *c*, de unde trece în ciclonul *d*, unde este separat de gaze şi introdus mai departe în cuptorul *f*. Tot aici pătrunde şi purtătorul de căldură solid, semicocsul ce a fost încălzit în cuptorul *g*, antrenat cu gazele de ardere în ciclonul *e* şi separat aici de gaze. Gazele separate în cicloanele *d* şi *e*, conţinînd

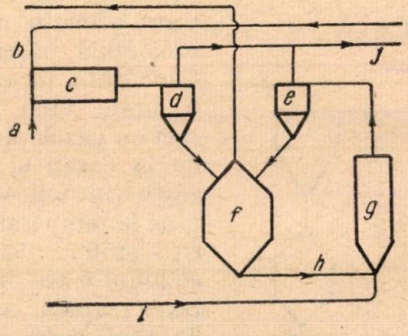


Fig. 4. Schema de semicocsificare cu purtător scurt de căldură (gazos şi solid) :

a — conducta gaze + cărbune praf; *b* — conducta gaze arse din cazan; *c* — camera de bertinizare; *d* şi *e* — ciclon; *f* — camera de semicocsificare; *g* — cuptor încălzire semicocs; *h* — conducta cu şnec pentru semicocs; *i* — conducta de aer; *j* — conducta gaze la cazan; *k* — conducta gaze de semicocsificare.

şi gazele degajate prin descompunerea termică a cărbunelui, sînt trimise în focarul cazanului pe conducta *j*.

Prin folosirea gazelor în prima fază de încălzire a cărbunelui se intensifică schimbul de căldură, ceea ce duce la o micşorare apreciabilă a gabaritelor întregii instalaţii. Prin folosirea agentului solid (semicocs) în cea de a doua fază s-a simplificat aparatura şi condiţiile de exploatare ale instalaţiei.

Gazele de semicocsificare, în urma particularităţilor arătate au o putere calorifică ridicată, de peste 4 000 kcal Nm³.

După cum s-a mai arătat în prima parte a articolului, dintre metodele utilizării complexe, semicocsificarea este cea mai indicată pentru combustibilii inferiori. In cele ce urmează se discută posibilitatea utilizării complexe a unui combustibil prin excelenţă inferior — lignitul.

In 1952 prof. I. Blum, într-un articol consacrat problemelor de chimizare a cărbunelui,

recomandă : „producția noastră de cărbuni trebuie să fie canalizată spre complexul de utilizare anergochimic, astfel încît în procesele de combustiune în uzinele mari consumatoare de cărbuni, să intre numai rezidiu cărbunos eliminat în urma chimizării prealabile a cărbunilor ".

Nici pînă în prezent nu s-a putut ajunge la un stadiu tehnic corespunzător, încît să se poată stăpîni întru totul particularitățile de ardere în strat și în stare pulverizată a lignitului ; fără îndoială că în scurt timp aceste greutăți vor fi învinse și se va reuși a se construi instalații de ardere perfecționate, cu randamente mari, ajungîndu-se la rentabilitatea maximă posibilă. Cu toate acestea prețul de cost al unității de energie produse, va fi îndeajuns de ridicat, datorită prețului ridicat al lignitului. In urma celor arătate anterior reiese că lignitul se încadrează în categoria combustibililor solizi, apți a fi utilizați după schema energochimică.

Dealtfel, acest aspect nu trebuie privit numai din punctul de vedere strîmt al reducerii prețului de cost. In condițiile din R.P.R. de dezvoltare planificată și rațională a resurselor energetice, devine cu timpul un non sens tehnic arderea unor substanțe, care au o mare valoare chimico-tehnologică.

Desigur nu toate sorturile de lignit sînt imediat indicate pentru aceasta. Primul criteriu îl constituie randamentul în gudron. Din studiile care s-au făcut pînă în prezent asupra ligniților din R.P.R. a reieșit un randament ce varia de la 4,5% la 7,5%. Valoarea medie, dealtfel cea mai des întîlnită este de 6%. Raportat la masa uscată, randamentul mediu se ridică la aproximativ 8%.

Pentru semicocsificare se recomandă în general combustibili, care au un randament în gudron (la masa uscată) de peste 10%. S-ar părea deci că lignitii romînești nu sînt indicați pentru aceasta. Dar dacă se raportează randamentul la masa combustibilă (fără materie minerală), valorile căpătate pentru lignitii romînești se clasează printre cele mai mari.

Trebuie să ținem seama de recomandările de pînă acum se referă la cărbuni cu conținut foarte redus de materie minerală ($< 10\%$), cum este cazul cărbunelui brun din Germania. Lignitul însă posedă un conținut de materie minerală de 30 — 45%, ceea ce explică valorile mai reduse ale randamentelor în gudron.

Dar randamentul în gudron nu este singurul criteriu de clasificare a cărbunilor din punct de vedere energochimic. Randamentul în gaze joacă un rol foarte important, căci după cum s-a insistat în cele premergătoare, concepția actuală despre utilizarea complexă a combustibilului, apărată în special de școala sovietică, acordă aceeași importanță captării din combustibilul solid, atît de produse lichide, cît și de produse gazoase. Chiar mai mult încă, în anumite cazuri cînd purificarea gudroanelor de praf, de compuși ai sulfului, etc. este prea complicată, deci prea scumpă sau cînd cantitatea de gudron extrasă este prea mică, anumiți specialiști recomandă renunțarea la schema completă de utilizare complexă și propun reintroducerea gudroanelor în gaz, adică o carburare a gazelor cu gudron. Se obține astfel gaz de putere calorifică ridicată ($> 5\,000$ kcal/Nm^3). Din acest punct de vedere trebuie desfășurate cercetări pentru a stabili sorturile de lignit, apte pentru a fi întrebuințate într-o schemă completă și sorturile care eventual ar urma să fie prelucrate cu producere doar de semicocs și gaze carburate cu propriile gudroane.

Randamentul în gaze a ligniților din R.P.R. variază în limite largi, de la 70 Nm^3/t la 120 Nm^3/t. Valoarea cea mai des întîlnită este aproximativ 100 Nm^3/t, care poate fi acceptată ca valoare medie. Puterea calorifică a gazelor depășește în general 3 000 kcal/Nm^3.

Următorul exemplu va da o imagine asupra importanței utilizării complexe energochimice a ligniților.

O centrală electrică de 50 000 kW are un consum anual de aproximativ 600 000 t lignit, puterea calorifică a acestuia fiind evaluată la 2 000 kcal/kg.

Se consideră randamentul în semicocs de 60%, iar puterea calorifică a acestuia egală cu aceea a lignitului primar.

Pentru a asigura aceeași producție de energie electrică a centralei, trecînd însă la arderea semicocsului în cazane, va fi necesar un consum anual de lignit de 600 000/0,6 + 1 000 000 t.

Combinatul energochimic format va avea o producție medie anuală de : 350 000 0000 kWh energie electrică, 60 000 t de gudroane și aproximativ 100 000 000 Nm^3/gaze de putere calorifică de 3 000 kcal/Nm^3.

Din cele 60 000 t de gudron se pot extrage aproximativ : benzină 4 800 t ; motorină 27 000 t ; parafină 5 200 t, fenoli 4 500 t ; smoală — 6 800 t.

Apreciind consumul anual de gaz (3000 kcal/Nm^3) la circa 300 Nm^3 pe cap de locuitor, cu cantitatea de gaze produse, poate fi alimentat un centru populat de circa 300 000 locuitori.

Datele de mai sus sînt prea evidente pentru a mai insista asupra avantajelor ce decurg prin utilizarea complexă energochimică a ligniților.

Problema alegerii schemei adecvate pentru semicocsificarea ligniților necesită cercetări speciale. De la început cad din discuție schemele prof. Ciuhanov (fig. 1) și schema americană (fig. 2). Prima pentrucă prezintă greutăți mari în realizare și exploatare, cea de a doua pentrucă nu asigură producerea de gaz de putere calorifică corespunzătoare. Cea de a patra schemă cu purtător mixt de căldură, pare a fi cea mai desăvîrșită. La aplicarea ei trebuie de mers însă cu prudență, deoarece nu se cunoaște încă influența proceselor de bertinizare asupra randamentului întregii instalații. De aceea ar fi nimerit ca prima instalație să fie realizată după principiul schemei a treia, cu purtător de căldură solid, dar la care să se prevadă posibilitatea trecerii la o bertinizare prealabilă.

Ar fi de discutat un aspect al problemei puse. Își găsește oare justificare utilizarea complexă a combustibililor solizi, cînd în R.P.R. producția de petrol și gaze depășește cu mult producția de cărbune. Cînd produsele care se obțin de la combinatele energochimice urmează să suporte această concurență?

Politica justă de folosire a lor este chimizarea și nu arderea. Deci producerea de gaze combustibile din combustibili solizi este o sarcină importantă a energeticii românești, constituie unul din aspectele acțiunii generale de inobilare a combustibililor inferiori.

Dar afară de aceste argumente cu caracter limitat trebuie să se țină seama de unul din principiile ce stau la baza orientării tehnicii contemporane; îmbinarea mai multor procese cu caracter diferit și rentabilitate diferită, pentru obținerea unui randament global cît mai ridicat.

Bibliografie:

[1]. *Cernîsiov A. B.* și *Galinker I. S.*: Utilizarea energochimică a combustibililor la centralele electrice. Vestnik injenierov i tehnikov nr. 1/1947.

[2]. *Paleev I. I.*: Asupra utilizării complexe a combustibililor. Din culegerea Isledovanie protesov gorenia naturalnovo topliva, Moscova 1948.

[3]. *Ciuhanov Z. F.*: Utilizarea complexă energochimică a combustibililor solizi. Za economiu topliva nr. 4/1949.

[4]. *Tolubinschi V. I.*: Despre utilizarea energochimică a cărbunilor bruni din R.S.S. Ucraineană prin procedeul semicocsificării. In culegerea Trudî pe probleme kompleksnovo ispolzovania burîh uglei i torfa Ucrainskoi SSR Kiev 1951.

[5]. *Ciuhanov Z. F., Hitrin I. N.* și *Golubțov V. A.*: Utilizarea energotehnologică a combustibililor, noua etapă în desvoltarea energeticei. Teploenerghetica nr. 7/1955.

[6]. *Thau A.*: Semicocsificarea cărbunelui. Halle 1946.

[7]. *Bachl H.*: Producerea combinată de gaze combustibile, energie electrică și produse de sinteză. B.W.K. nr. 5/1954.

[8]. x x x: Cea de a 10-a sesiune a conferinței mondiale de energetică din Rio de Janiero. B.W.K. nr. 2/1955.

[9]. *Dănilă N.* și *Blum I.*: Utilizarea rațională a ligniților românești, distilarea la temperaturi joase. Cercetări științifice, vol. I, p. II.

[10]. *Blum I.*: Probleme de chimizare a cărbunelui. Revista de Chimie nr. 11/12 — 1952.

[11]. *Buimovici D.*: Studiul cîtorva proprietăți ale ligniților din R.P.R. și ale semicocsului lor. București 1955.

Calculul conductelor de abur

Ing. TEODOR POPA

Prin adîncirea calculului eforturilor de dilatare și modului de prezentare ca îndreptar rezumat cu un exemplu de calcul, articolul va interesa atît pe inginerii proiectanți și cei de verificare tehnică din exploatare, cît și pe studenții din învățămîntul superior de specialitate.

Redacția,

In prezentul articol se reamintește pe scurt teoria de care se leagă calculul conductelor de abur, iar pe baza rezultatelor la care se ajunge, se trece la un exemplu de calcul cuprinzînd întreg drumul de parcurs. Se încearcă sistematizarea calculelor, care sînt lungi și obositoare, dar pot fi ușurate cu ghidul, pe care îl constituie schema unui calcul efectuat.

Etapele pe care le urmează calculul unei conducte de abur sînt următoarele:

a) Dimensionarea, pe baza debitului și parametrilor aburului de vehiculat. Ea comportă determinarea secțiunii conductei precum și a grosimii peretelui.

Dimensionarea conductei și alegerea vitezei aburului se face ținînd seamă de căderea de presiune și de cea de temperatură, acestea două variind invers în funcție de prima.

b) Determinarea izolației termice. Rezultatele calculului de izolație trebuie să corespundă normelor în vigoare atît în ceea ce privește economia cît și în privința prescripțiilor de protecție a muncii.

c) Dilatarea conductelor este cea mai grea problemă de rezolvat prin calcul.

Eforturile născute în conductă la temperatură și la configurație necorespunzătoare, duc la avarieri grave, care prejudiciază atît economia și continuitatea funcționării cît și securitatea personalului de exploatare.

Pentru ilustrarea considerației de mai sus, menționăm ca exemplu că eforturile din o conductă dreaptă de 15 m lungime încastrată la ambele extremități, la o temperatură de funcționare a conductei de 450°C și o temperatură ambiantă de 10°C, atinge 358 000 kg.

Valoarea mare a efortului duce la flambarea conductei.

Pentru eliminarea eforturilor mari în conducte și reazeme se utilizează compensatorii care permit dilatarea liberă.

In general, configurația sistemului de conducte este spațială cu ramificații și suporți, ceea ce complică mult calculele prin faptul că apar eforturi compuse de torsiune și încovoiere. Pe baza calculelor și a experienței proiectantului, traseul trebuie ales astfel ca să se utilizeze cît mai bine autocompensarea conductelor prin curbe pentru ca eforturile născute să rămînă în cadrul limitelor admisibile. Exemplul ales în acest articol tratează un sistem autocompensat.

Dimensionarea conductelor

La baza alegerii diametrului conductelor stă legea continuității.

Fiind dat debitul de abur se stabilește secțiunea admițînd cunoscută viteza. După Kerțelli vitezele uzuale ale aburului în conducte sînt cele date în tabela 1.

Tabela 1

Viteze admisibile în conducte de abur

Abur supraîncălzit în conducte principale . . .	40—60 m/s
Abur supraîncălzit în derivații	35—40 m/s
Abur saturat în conducte principale	30—40 m/s
Abur saturat în derivații	20—30 m/s

Grosimea peretelui se determină în funcție de presiunea, temperatura de regim și calitatea materialului din formula:

$$s = \frac{p \cdot d_i}{230 \frac{\sigma_n}{n_n} - p} + c \qquad (1)$$

unde:

s este grosimea peretelui în mm;
p — presiunea de regim maximă în at;
d_i — diametrul interior al conductei în mm;
σ_n — limita de fluaj a materialului țevii la temperatura de regim;
n_n — coeficientul de siguranță respectiv;
c — un adaos care se ia între 5% și 10% din s dar cel puțin în valoare de 1 mm.

Calitatea oțelului utilizat se extrage din tabela (4) iar caracteristicile sale din tabela (6). Grosimea peretelui rezultată din calcul se verifică valorilor din cu valorile din tabela (2).

Diametrul rezultat din calcul se înlocuiește cu diametrul convențional cel mai apropiat din tabela 2 și se recalculează viteza.

Pentru calcul se utilizează valorile medii ale parametrilor aburului la extremitățile conductei. Se verifică conducta la căderea de presiune care trebuie să fie cuprinsă în limite normale.

Tabela 2

Diametre convenționale

Diametrul convențional mm	Diametrul exterior mm	Presiunea convențională kg/cm²		
		40	64	100
		Grosimea pereților		
100	108	4	5	6
125	133	4	6	8
150	159	5	7	9
200	219	7	10	12
250	273	9	12	16
300	325	10	15	18
350	377	12	16	20

Verificarea conductei la căderea de temperatură și alegerea izolației

Pierderea de căldură de la conductă la aer trebuie luată în considerare atît din punctul de vedere al exploatării ei economice cît și din cel al protecției muncii. După PET ale MEE art. 297 temperatura exterioară a izolației nu trebuie să depășească 50°C la o temperatură ambiantă de 25°C.

In afară de aceasta în cazul unei conducte neizolate suficient care vehiculează aburul la o viteză redusă căderea de temperatură pînă la consumator poate deveni neadmisibilă.

Tabela 3

Coeficienții rezistențelor locale, produse de organe de închidere

Ventile	Diametrul secțiunii convenționale										
	15	20	25	32	40	50	70	100	200	250	300
Ventil normal	15,9	10,2	8,9	8,8	8,5	6,7	4,8	5,5	6,2	—	7,2
Ventil cu rezistență mică . . .	—	—	1,8	2	1,7	—	—	2,4	1,6	1,5	1,4
Vană paralelă	—	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	—	0,5	0,25	—	0,14

Curbe de 90°	
$R = 5\,d_i$	0,14
$R = 4\,d_i$	0,25
$R = 3\,d_i$	0,45
Teu	0,7 —2
Clapă de reținere	4
Separator apă .	5—10

Căderea de presiune este :

$$\Delta p = \frac{1}{10\,000}\left(\zeta_l \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta\right) \frac{W_m^2 \cdot \gamma_m}{2g} \text{ kg/cm}^2 \quad (2)$$

unde :

l este lungimea conductei în m ;
d — diametrul interior în m ;
w — viteza aburului în m/s ;
γ — greutatea specifică a aburului în kg/m³
g — accelerația gravității în m/s² ;
ζ_l — coeficientul de rezistență pe porțiuni drepte ;
ζ — coeficientul de rezistență locală pentru armături și elemente neliniare.

Coeficientul ζ_l depinde de natura curgerii definită prin cifra Re și de rugozitatea conductei. El se poate însă calcula cu o bună aproximație din formula :

$$\zeta_l = \frac{0{,}0561}{(G)^{0{,}148}} \quad (3)$$

unde G este debitul de abur în kg/h

Valoarea coeficientului ζ_l în funcție de cifra Re este dată în diagrama anexată.

Rezistențele locale pentru diferite elemente care apar în mod normal într-un sistem de conducte, sînt date în tabela (3)

Pierderea de căldură se calculează din formula :

$$Q = kF\,(\vartheta_1 - \vartheta_2)\ \text{kcal/h} \quad (4)$$

unde :

k este coeficientul de trecere al căldurii ;
F — suprafața despărțitoare între cele două fluide de temperaturi ϑ_1 și ϑ_2.

Tabela 4

Oțeluri sovietice utilizate pentru conducte

Utilizare la	Marca oțelului	Observații
Suprafața de încălzire .	10.20	Pentru cazane $p \leqslant 60$ kg/cm² $t \leqslant 500^0$
Suprafața de încălzire .	20	Pentru cazane $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 500^0$
Suprafața de încălzire .	15 M,20 M	Pentru cazane $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 530^0$
Suprafața de încălzire .	15 X M	Pentru cazane $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 560^0$
Conducte de abur . . .	10,20 (25)	Instalații cu $p \leqslant 60$ kg/cm² $t \leqslant 450^0$
Colectoare .	20,25	Instalații cu $p \leqslant 60$ kg/cm² $t \leqslant 450^0$
Conducte și colectoare înaltă pre-presiune .	20,25	Instalații cu $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 450^0$
Conducte și colectoare de înaltă presiune .	15M, 20M	Instalații cu $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 485^0$
Conducte și colectoare înaltă presiune .	15M, 20 M	Instalații cu $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 500^0$
Conducte și colectoare înaltă pres.	15 X M	Instalații cu $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 550^0$
Conducte și colectoare înaltă presiune .	12 MX	Instalații cu $p > 60$ kg/cm² $t \leqslant 540^0$

Proprietăţi ale oţelurilor romîneşti *Tabela 5*

— Dimensiunile ţevilor din oţel fără sudură sînt specificate în STAS 529—49.
— Domeniul de utilizare este determinat prin STAS 3478-52 după cum urmează:
Oţeluri carbon:
OLT 32, OLT 35 } Temperaturi pînă la 350°C
OLT 45 Temperaturi pînă la 400°C
Oţeluri aliate:
OAT 1 Temperaturi pînă la 500°C
OAT 2 Temperaturi pînă la 550°C
OAT 3 Temperaturi pînă la 550°C rezistente la oxidare.
— Proprietăţile mecanice ale oţelurilor carbon, cuprinse în STAS 2881—51 sînt redate mai jos.

Calitatea	Încercarea la tracţiune			
	Rezistenţa la rupere kg/mm²	Alungirea		Limita de curgere kg/mm² min
		δ_5 % min	δ_{10} % min	
OLT 32 . . .	32—41	28	22	18
OLT 35 . . .	35—45	25	20	23
OLT 45	45—55	21	17	26

Coeficientul k pentru conductă rezultă din:

$$k = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_e}{d_i} + \frac{1}{\alpha_e d_e}} \text{ kcal/mh°} \qquad (5)$$

unde: α este coeficientul de transmisie a căldurii între fluide şi perete, iar λ este coeficientul de conductibilitate al peretelui.

In mod uzual se utilizează tabele care prescriu grosimea izolaţiei în funcţie de diametrul conductei. Materialul izolant se alege după temperatura peretelui conductei după cum rezultă din tabela (7).

Pentru un calcul de detaliu se poate consulta H. Leibs „ Conducte şi armături în industria petrolului " traducere din limba rusă. Ed. Tehnică, Bucureşti.

Pierderile de căldură pe ml de conductă izolată la grosimea izolaţiei după tabela (8) sînt trecute în tabela (9).

Proprietăţi ale oţelurilor sovietice utilizate pentru conducte de abur *Tabela 6*

Marca oţeluri / Caracteristici	Temperatura	10	20	25	15M	15	12MX	15XM
Coef. de dil. lineară $\alpha 10^2$	20—100°C	11,5	11,1	11,1	11			11
	20—200°C	12,6	12,1					
	20—300°C			12,5	13			13
	20—400°C	13	13,4					
	20—500°C							
	20—600°C	14,6	14,4	14,3	14,5			14
Modulul de elasticitate E. 10^4 kg/mm²	20°				2,1	2,05		2,1
	100°					1,96		
	200°					1,88		
	300°					1,75		1,9
	400°				1,89	1,61		1,9
	500°				1,68			1,7
	600°							1,5
Rezistenţa de rupere kg/mm²	20°	32—42	40—50	34—53	38—48		42—55	45
Alungirea σ_{10} %	20	20	20	17	19		18	18
Limita de curgere kg/mm²	20°	18	22	24	26		28	30
	200°	16	19	20,5	24		25	26
	250°	14,5	17,5	18,5	22,5		24	24
	300°	13,5	15,5	16,5	21		22,5	23
	350°	11,5	13,5	14,5	19		21	21
	400°	10	12	13	17		19	20
	450°	8	10	11	15		17	19
	500°	6	8	9	13		15	18
	550°				11		13	16
Limita de fluaj kg/mm²	400°	8,5	10	10,5				
	425°	6,3	7,5	8,				
	450°	4,4	5	5,3	10		11	12
	475°	3,1	3,6	3,7	8		8,5	9
	500°	2,2	2,5	2,5	6,1		6,1	6
	510°				5,5		5,5	5
	530°				4,1		4,1	4
	540°						3,5	4
	550°							3
	560°							2

Pentru armături se adaogă o lungime echivalentă care reiese din tabela (10). La aceste valori se mai adaogă sporul de 20% pentru pierderile prin suporți.

Tabela 7

Alegerea materialului izolant

Clasa A. Vata de sgură diatomit
Clasa B. Niuvel sovelit, vulcanit.
Clasa C. Asbotermit, asbomicanita, novoasbozgurit. Pentru suprafețe încălzite peste 300°C se utilizează materialele din clasele A și B.

Clasa C se utilizează pentru suprafețe încălzite sub 300°C.

Tabelă 8

Alegerea grosimii izolației

Diametrul conductei, mm	57	108	159	219	273	325	377	426	529
Grosimea izolației, mm	65	110	120	125	130	135	140	145	150

Tabela 9

Pierderile de căldură ale conductei izolate

Diametrul exterior al conductei neizolate mm	Pierderile de căldură pe ml al conductei izolate kcal/mh Temperatura mediului °C							
	100	150	200	250	300	350	400	450
57	60	80	90	—	—	—	—	—
108	85	110	130	165	180	200	220	245
159	105	135	165	195	215	230	265	290
219	120	160	195	235	260	285	315	345
273	135	185	220	265	295	330	365	395
325	155	210	245	300	335	365	410	445
377	170	230	280	330	365	400	445	490
426	185	255	305	355	395	430	475	525
529	220	295	350	410	455	500	545	600

Tabela 10

Lungimea de conductă echivalentă armăturilor ca răcire

Felul armăturii	Lungimea echivalentă m Diametrul secțiunii mm						
	25	50	70	100	200	300	400
Ventil normal	0,66	0,82	1,0	1,16	1,83	2,50	3,13
Vană tip greu	—	—	—	2,59	3,74	4,89	—
Racord cu flanșe . . .	—	0,40	—	0,50	0,53	0,57	0,60

Determinarea eforturilor în conducte la dilatare termică

Diferența de temperatură la care este supusă o conductă de abur între starea de repaos și starea de exploatare, duce la dilatarea ei. Deoarece conducta este legată rigid în punctele de fixare, apar în aceste puncte și în peretele ei, forțe de compensare. Sarcina proiectantului este să elaboreze o configurație a sistemului de conductă, care prin crearea unor posibilități de deformare elastică să limiteze eforturile.

Prin intercalarea în traseu a compensatoarelor de dilatație, de diferite tipuri, se atinge scopul enunțat mai sus. Uneori prin utilizarea rațională a coturilor de pe traseu, conducta devine autocompensată.

Conductele se montează la rece, pretensionate astfel ca la o anumită temperatură intermediară, eforturile în suporți să fie nule. Pretensionarea se face în general la o valoare de 50% din dilatația cauzată de diferența dintre temperatura ambiantă de montaj și temperatura de exploatare.

a) Stabilirea ecuațiilor pentru determinarea forțelor acționînd la extremități.

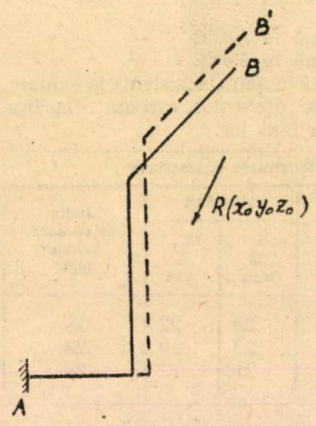


Fig. 1

Se consideră un tronson de conductă (fig.1) AB, care se dilată liber, astfel că punctul B se deplasează în B'. Pentru readucerea extremității B în poziția inițială este necesar să se aplice în acest punct o forță și un cuplu.

Acestea sînt echivalente cu o forță R de componente P, P' și P'', care trece printr-un punct de coordonate x_o, y_o, z_o.

Momentul acestei forțe în raport cu un punct curent de coordonate x,y,z are următoarele coponente :

$$\left.\begin{aligned} M &= (y_0 - y)\,P'' - (z_0 - z)P' \\ M' &= (z_0 - z)\,P - (x_0 - x)P'' \\ M'' &= (x_0 - x)P' - (y_0 - y)P \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Pentru o configurație spațială a sistemului, unde elementele de conductă sînt paralele cu cele 3 axe de coordonate, pentru fiecare element, unul dintre momente și anume acela a cărui axă este paralelă cu elementul respectiv, este un moment de torsiune, iar celelalte două sînt momente incovoietoare.

Rotația provocată de moment între secțiunile extreme ale unui alement de conductă de lungime dl este :

$d\omega = M\frac{dl}{EI}$ pentru încovoiere, respectiv

$d\omega = M\frac{dl}{GI_p}$ pentru torsiune.

Pentru simplificarea calculelor se reduce expresia momentelor de torsiune după cum se va arăta mai jos :

Sub efectul momentului secțiunea conductei în B se va roti în raport cu secțiunea în A. Rotația în proiecție pe axa OX este :

$$\omega = \int_A^B [(y_0 - y)P'' - (Z_0 - Z)\,P']\,\frac{dl}{EI} \qquad (7)$$

Dacă se definesc momentele elastice și lungimile desfășurate prin expresiile :

$$S = \int_A^B x\,dl\,;\quad S' = \int_A^B y\,dl$$

$$S'' = \int_A^B z\,dl\,;\quad L = \int_A^B dl$$

și se afectează indicii 1, 2, 3 după cum se calculează în proiecțiile pe planele $x\,o\,y$, $x\,o\,z$ și $y\,o\,z$, expresia (7) devine:

$$EI\omega = (S_3'' - Z_0 L_3)P' - (S_3' - y_0 L_3)P''$$

Definind de asemenea centrul elastic în proiecția $y\,o\,z$, punctul determinat prin:

$$z_{03} = \frac{S_3''}{L_3}, \quad y_{03} = \frac{S_3'}{L_3}$$

se obține:

$$\frac{EI\omega}{L_3} = (z_{03} - z_0)P' - (y_{03} - y_0)P'' \qquad (8)$$

Transformînd expresia momentului (6) și ținînd seama de (8) se obțin:

$$M = (y_0 - y_{03})P'' - (z_0 - z_{03})P' + (y_{03} - y)P'' - (z_{03} - z)P'$$

$$M = \frac{EI\omega}{L_3} + (y_{03} - y)\,P'' - (z_{03} - Z)\,P'$$

respectiv pentru celelalte 2 proiecții:

$$M' = \frac{EI\omega'}{L_2} + (z_{02} - z)P - (x_{02} - x)P''$$

$$M'' = \frac{EI\omega''}{L_1} + (x_{01} - x)P' - (y_{01} - y)P'$$

Din cauza torsiunii apar trei centre elastice diferite fiecare corespunzînd unei proiecțiuni.

Mutînd originea sistemului din centrul elastic al planului de proiecție corespunzător și dacă se afectează indicii 1, 2, 3 la noile coordonate curente ecuațiile (9) devin:

$$M = \frac{EI\omega}{L_3} + Z_3 P' - y_3 P''$$

$$M' = \frac{EI\omega'}{L_2} + x_2 P'' - Z_2 P \qquad (10)$$

$$M'' = \frac{EI\omega''}{L_1} + y_1 P - x_1 P'$$

iar expresia rotației devine:

$$d\omega = \frac{\omega}{L_3}\,dl + (z_3 P' - y_3 P'')\frac{dl}{EI}$$

$$d\omega' = \frac{\omega'}{L_2}\,dl + (x_2 P'' - Z_2 P)\frac{dl}{EI}$$

$$d\omega'' = \frac{\omega''}{L_1}\,dl + (y_1 P - x_1 P')\frac{dl}{EI}$$

Această rotație provoacă o deplasare elementară a punctului B, în proiecție pe $O\,x$:

$$d\Delta x = (y - y_B)_1\, d\,\omega'' - (z - z_B)_2\, d\omega'$$

Inlocuind se obține:

$$d\Delta x = [(z - z_B)_2 z_2 + (y - y_B)_1 y_1]\frac{dl}{EI} P - (y - y_B)_1 x_1 \frac{dl}{EI} P' - (z - z_B)_2 x_2 \frac{dl}{EI} P'' + (y - y_B)_1\, dl\, \frac{\omega''}{L_1} - (z - z_B)_2 dl\, \frac{\omega'}{L_2}.$$

Integrînd de-a lungul segmentului AB se obține Δx. In calcule se ține seama de faptul că originea este în centrul elastic și că deci momentele elastice sînt nule, precum și de definiția momentelor de inerție. Se obține:

$$EI\,\Delta x = (I_{2xs} + I_{1xs})P - I_{1xys} P' - I_{2xzs} P'' + EI\,[z_{B_2}\omega' - y_{B_1}\omega'']$$

unde:

$$I_{2xs} = \int_A^B z_2^2\,dl; \quad I_{1xs} = \int_A^B y_1^2\,dl$$

$$I_{1xys} = \int_A^B xy_1 dl; \quad I_{2xzs} = \int_A^B xz_2\,dl$$

indicele numeric arătînd planul de proecție, iar indicele s arătînd ca origină centrul elastic corespunzător.

Pentru proiecțiile dilatării pe celelalte două axe se obțin formule similare. Dacă conducta este incastrată la ambele extremități rotația lui B în raport cu A este nulă.

$$\omega = \omega' = \omega'' = 0$$

Ecuațiile devin:

$$EI\,\Delta x = P\,(I_{2xs} + I_{1xs}) - P' I_{1xys} - P'' I_{2xzs}$$

$$EI\,\Delta y = P'(I_{1ys} + I_{3ys}) - P I_{1xys} - P'' I_{3yzs} \qquad (11)$$

$$EI\,\Delta z = P''(I_{2zs} + I_{3zs}) - P I_{2xzs} - P' I_{3yzs}.$$

Din acest sistem de ecuații se deduc componentele rezultantei trecînd două cîte două prin centrele elastice respective.

Ecuațiile (10) care definesc momentul în punctul curent devin:

$$M = z_3 P' - y_3 P''$$
$$M' = x_2 P'' - z_2 P \qquad (12)$$
$$M'' = y_1 P - x_1 P'$$

Momentele de inerție din ecuațiile (11) sînt calculate în raport cu axele trecînd prin centrele elastice. Ele se calculează în raport cu axele inițiale de coordonate după formula generală:

$$Is = I_0 - L\,a^2$$

unde:

I_s este momentul de inerție în raport cu o axă trecînd prin centrul elastic;

I_0 — momentul de inerție în raport cu axa paralelă din vechiul sistem de coordonate;

L — lungimea desfășurată a conductei în proiecția respectivă;

a — distanța dintre cele două axe.

In consecință :

$$I_{1xs} = I_{1x} - L_1 \cdot y_{g1}^2$$

$$I_{1ys} = I_{1y} - L_1 \cdot x_{g1}^2$$

$$I_{1xys} = I_{1xy} - L_1 x_{g1} y_{g1} \text{ etc.}$$

b) **Lungimea desfășurată a elementelor drepte și curbe supuse la torsiune.** Revenind la calculul lungimilor desfășurate și a coordonatelor centrelor elastice trebuie remarcat faptul că tronsoanele de conductă cu axa perpendiculară pe planul de proiecție sînt supuse la torsiune. După cum s-a arătat rotația elementară are în acest caz următoarea expresie :

$$d\omega = \frac{M \cdot dl}{G \cdot I_p}$$

dar

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

unde μ este coeficientul lui Poisson și are valoarea 0,3 pentru oțel. In același timp secțiunea țevii fiind inelară $I_p = 2I$ deci :

$$d\omega = \frac{M \cdot dl}{\frac{E}{2(1+0,3)} \cdot 2I} = M \frac{1,3\, dl}{EI}$$

este suficient deci să se introducă în calcule coeficientul 1,3 care înmulțește lungimile tronsoanelor torsionate.

Pentru curbe se pot prezenta 2 cazuri :

1. Cînd sînt paralele cu planul de proiecție pentru care se face calculul și sînt deci supuse la încovoiere, lungimea lor se împarte atunci cu coeficientul K a lui Kárman. Prin aceasta se ia în considerare scăderea rigidității secțiunii conductei, ca urmare a deformării ei prin încovoiere. Valoarea coeficientului K este :

$$K = \frac{1 + 12\lambda^2}{10 + 12\lambda^2} \text{ (pentru } \lambda \geqslant 0,3)$$

pentru,

$$\lambda = \frac{s \cdot R}{r_m^2}$$

unde :

s este grosimea peretelui curbei ;
R — raza ei de curbură ;
r_m — raza medie a secțiunii ei.

2. Cînd planul curbei este perpendicular pe planul de proecție, aceasta este supusă atît la încovoiere cît și la torsiune. In acest caz lungimea ei se calculează după cum rezultă mai jos.

Se consideră curba din fig. 2 paralelă cu planul y o x.

Asupra ei acționează momentul M al cărui plan este perpendicular pe planul ei.

Pentru elementul dl momentul M se descompune în două componente M_i de încovoiere și M_t de torsiune.

$$M_i' = M \cos\alpha \,;\; M_t' = M \sin\alpha.$$

Se aplică o forță suplimentară P perpendiculară în capătul B pe planul x o y.

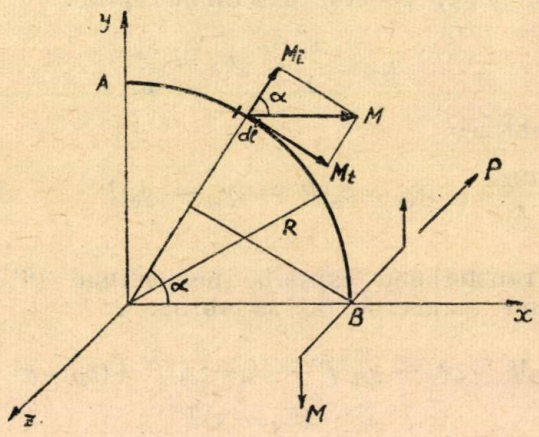


Fig. 2

Momentul suplimentar produs de aceasta asupra elementului dl va fi :

$$M_i'' = PR \sin\alpha \,;\; M_t'' = PR(1 - \cos\alpha).$$

Suma acestor momente va fi :

$$M_i = M \cos\alpha + PR \sin\alpha$$

$$M_t = M \sin\alpha + PR(1 - \cos\alpha).$$

Energia potențială înmagazinată va fi :

$$W = \frac{1}{2EI}\int_0^l M_i^2\, dl + \frac{1}{2GI_p}\int_0^l M_t^2\, dl.$$

Deplasarea punctului B va fi :

$$\Delta_B = \frac{\partial W}{\partial P} = \frac{1}{EI}\int_0^l M_i \frac{\partial M_i}{\partial P}\, dl + \frac{1}{GI_p}\int_0^l M_t \frac{\partial M_t}{\partial P}\, dl =$$

$$= \frac{1}{EI}\int_0^{\frac{\pi}{2}} (M\cos\alpha + PR\sin\alpha) \cdot R\sin\alpha \cdot d\alpha +$$

$$+ \frac{1}{GI_p}\int_0^{\frac{\pi}{2}} [M\sin\alpha + PR(1-\cos\alpha)]\, R(1-\cos\alpha)\, R d\alpha =$$

$$= \frac{1}{EI}\left(\frac{MR^2}{2} + \frac{\pi PR^3}{4}\right) + \frac{1}{GI_p}\left[\frac{MR^2}{2} + PR^3\left(\frac{3\pi}{4} - 2\right)\right].$$

Punînd $P = 0$ și înlocuind $\frac{1}{GI_p}$ cu $\frac{1,3}{EI}$ se obține : $\Delta_B = \frac{1}{EI}\left(\frac{MR^2}{2} + 1,3\,\frac{MR^2}{2}\right) \cong \frac{1,15\, MR^2}{EI}$.

Rezultă că elementul de lungime trebuie înmulțit cu 1,15 și lungimea desfășurată a

curbelor cu un unghi la centru de 90^0 și supuse la încovoiere combinată cu torsiune este:

$$L = 1{,}15 \frac{\pi}{2} R \cong 1{,}8\, R$$

c) **Determinarea momentelor de inerție ale tronsoanelor de conductă.** Se reamintește că centrul de greutate al unei curbe cu unghiul la centru de 90°C are următoarele coordonate (fig. 3):

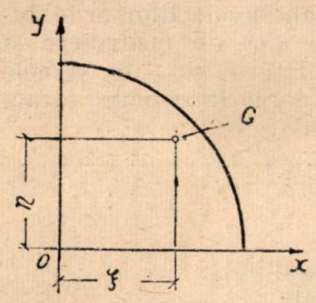


Fig. 4

$$\xi = \frac{2R}{\pi}; \qquad \eta = \frac{2R}{\pi}$$

Sistemele spațiale de conducte au în general tronsoanele drepte, paralele cu cele trei axe de coordonate.

Pentru sistematizarea calculelor se vor determina momentele de inerție pentru cazurile specifice, care se prezintă:

— *Tronson linear paralel cu planul de proecții* (fig. 4)

$$I_{xs} = \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} y^2\, dy = \frac{l^3}{12}; \quad I_{ys} = \int_c x^2\, dy = 0$$

$$I_{xys} = \int_c x_y\, d_y = 0.$$

Momentele de inerție față de un sistem de axe în care centrul de greutate al tronsonului are coordonatele a, b sînt:

$$I_x = I_{xs} + b^2 \cdot l$$

$$I_y = a^2\, l$$

$$I_{xy} = a\, b\, l$$

— *Tronson linear perpendicular pe planul de proecție*, cu urma de coordonate a, b.

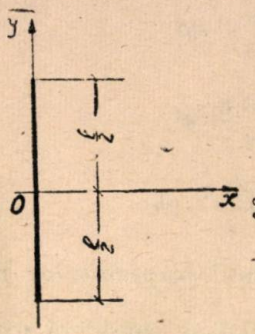


Fig. 4

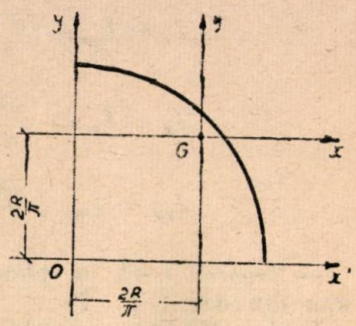


Fig. 5

Momentele de inerție sînt:

$$I_x = 1{,}3\, l \cdot b^2; \; I_y = 1{,}3\; l \cdot a^2; \; I_{xy} = 1{,}3\, l\, a\, b$$

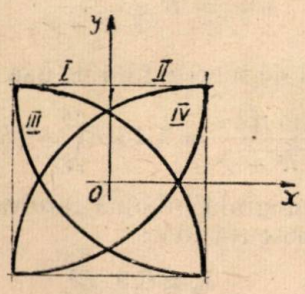


Fig. 6

— *Tronson curb paralel cu planul de proiecție* (fig. 5 și 6)

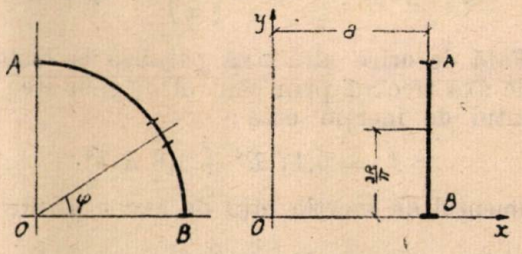


Fig. 7

$$I_{ys} = \frac{1}{k}\int_c x^2\, dl = \frac{1}{k}\int \left(R\cos\varphi - \frac{2R}{\pi}\right)^2 R\, d\varphi = 0{,}148\frac{R^3}{k}; \; I_{xy} = I_{ys}$$

I_{xys} are pentru cele patru poziții ale curbei din fig. 6 următoarele valori:

Poz. I: $I_{xys} = \frac{1}{k}\int_c xy\, dl = \frac{1}{k}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(R\cos\varphi - \frac{2R}{\pi}\right)\left(R\sin\varphi - \frac{2R}{\pi}\right) R\, d\varphi = -0{,}137\frac{R^3}{k}$

Poz. II: $I_{xys} = \frac{1}{k}\int_c xy\, dl = \frac{1}{k}\int_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} \left(R\cos\varphi + \frac{2R}{\pi}\right)\left(R\sin\varphi - \frac{2R}{\pi}\right) R\, d\varphi = +0{,}137\frac{R^3}{k}$

Poz. III: $I_{xys} = \frac{1}{k}\int_c xy\, dl = \frac{1}{k}\int_{\pi}^{\frac{3\pi}{2}} \left(R\cos\varphi \frac{2R}{\pi}\right)\left(R\sin\varphi + \frac{2R}{\pi}\right) R\, d\varphi = -0{,}137\frac{R^3}{k}$

Poz. IV: $I_{xys} = \frac{1}{k}\int_c xy\, dl = \frac{1}{k}\int_{\frac{3\pi}{2}}^{2\pi} \left(R\cos\varphi - \frac{2R}{\pi}\right)\left(R\sin\varphi + \frac{2R}{\pi}\right) R\, d\varphi = +0{,}137\frac{R^3}{k}$

Intr-un sistem de coordonate paralele cu $o\ x$ $o\ y$ în care coordonatele centrului G sînt a, b:

$$I_x = I_{xys} + \frac{1{,}57\,R}{k} \cdot b^2$$

$$I_y = I_{ys} + \frac{1{,}57\,R}{k} \cdot a^2$$

$$I_{xy} = I_{xys} + \frac{1{,}57\,R}{k} \cdot ab$$

— *Tronson curb cu planul perpendicular pe una din axe* (fig. 7)

Pentru ușurința calculului se consideră axa $o\ x$ trecînd prin extremitatea B a curbei.

Masa este neuniform distribuită în proiecție iar legea de variație în funcție de ordonată este:

$$dm = R\,\frac{dy}{\sqrt{R^2 - y^2}}.$$

Momentul de inerție față de axa $O\ x$, devine:

$$I_x = \int_0^R y\,\frac{1{,}15\,R\,dy}{\sqrt{R^2 - y^2}} = 1{,}15\,R\int_0^R y^2(R^2 - y^2)^{-\frac{1}{2}}\,dy.$$

Această integrală binomă rezolvată prin substituția cunoscută dă:

$$I_x \cong 0{,}9\ R^3$$

Momentul de inerție față de axa paralelă trecînd prin centrul de greutate va fi:

$$I_{xs} = 0{,}9\ R^3 - 1{,}8\ R\left(\frac{2R}{\pi}\right)^2 = 0{,}17\ R^3.$$

Față de orice altă axă paralelă la distanța b de axa trecînd prin centrul de greutate, momentul de inerție este:

$$I_x = 0{,}17\ R^3 + 1{,}8\ R \cdot b^2.$$

Momentul de inerție față de axa $o\ y$ este

$$I_y = 1{,}8 \cdot R \cdot a^2$$

Momentul centrifugal este:

$$I_{xy} = 1{,}8\ R \cdot a \cdot b.$$

d) **Sistem de conducte de secțiuni diferite** Rigiditatea $E\ I$ a unei conducte depinde de modulul de elasticitate E al materialului și de momentul de inerție I al secțiunii.

Eforturile care se nasc la dilatare termică depind de rigiditatea, de configurația geometrică și de lungimea conductei.

Pentru conducte avînd aceeași lungime, configurație geometrică și material, dar, secțiuni diferite, eforturile vor fi în același raport ca și momentele de inerție respective.

Din această considerație rezultă o metodă de reducere a sistemului de conducte de diametre diferite la unul de diametru constant, care se ia de obicei cel mai mare. Se înmulțesc elementele de diametre mai mici cu coeficientul reprezentînd raportul dintre momentele de inerție ale secțiunilor, operație echivalentă cu înlocuirea conductei de diametru mai mic cu alta de diametru și lungime mai mare, cu o elasticitate egală. In operațiile ulterioare se mențin pozițiile inițiale ale centrelor de greutate ale diferitelor elemente.

e) **Determinarea rezistențelor în materialul conductelor.** Secțiunile periculoase, unde apar eforturile cele mai mari se găsesc de obicei în punctele de fixare a conductei. Eforturile lucrînd asupra conductei sînt de încovoiere și de torsiune datorite dilatării, precum și cele datorite presiunii interioare. Rezistența totală se determină din formula.

$$\sigma = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_a^2 + \sigma_r^2 - \sigma_t\,\sigma_a - \sigma_a\,\sigma_r - \sigma_r\sigma_t + 3\,\tau^2}$$

unde:

σ_t este efortul tangențial;

σ_a — efortul axial;

σ_r — efortul radial;

τ — efortul datorit torsiunii.

Rezistența totală se calculează pentru ambele suprafețe ale peretelui. Expresiile rezistențelor depind de încadrarea conductei de calculat în una din cele două categorii:

— Conducte cu pereți groși la care expresia:

$$\beta = \frac{r_e}{r_i} > 1{,}1$$

— Conducta cu pereți subțiri la care: $\beta \leqslant 1{,}1$.

Pentru conductele cu pereți groși aceste expresii sînt:

— Efortul tangențial datorit încovoierii

$$\sigma_{ti} = p\,\frac{\beta^2 + 1}{\beta^2 - 1} + \sigma_{ti,i}; \quad \sigma_{te} = \frac{2p}{\beta^2 - 1} + \sigma_{ti,e}$$

unde:

$$\sigma_{ti,i} = -\frac{M_i}{2I}\,d_i\,n; \quad \sigma_{ti,e} = \frac{M_i}{2I}\,d_e\,n$$

n, fiind un coeficient de corecție, $n = \dfrac{18\,\lambda}{1 + 12\,\lambda^2}$

iar:

M_i — momentul încovoietor în secțiunea respectivă.

— *Efortul axial*

$$\sigma_{ai} = \sigma_a + \sigma_{ai,i}; \quad \sigma_{ae} = \sigma_a + \sigma_{ai,e}$$

unde: $\sigma_a = \dfrac{p}{\beta^2 - 1}$ rezistența axială provenind din presiunea internă

$$\sigma_{ai,i} = \frac{M_i}{2I}\,d_i\,m; \quad \sigma_{ai,e} = \frac{M_i}{2I}\,d_e\,m$$

este rezistența axială provenind din încovoiere, iar m este un coeficient de corecție:

$$m = \frac{2}{3k}\sqrt{\frac{5 + 6\,\lambda^2}{18}} \text{ pentru } \lambda < 1{,}472$$

$$m = \frac{12\,\lambda^2 - 2}{12\,\lambda^2 - 1} \text{ pentru } \lambda \geqslant 1{,}472$$

Efortul radial

$$\sigma_{ri} = -p\,; \qquad \sigma_{re} = 0$$

Efortul datorit torsiunii

$$\tau_i = \frac{M_t}{4I} d_i\,; \quad \tau_e = \frac{M_t}{4I} d_e$$

Pentru conductele cu pereții subțiri sînt valabile expresiile de mai jos :

$$\sigma_t = p \frac{d_i}{200s} \text{ kg/mm}^2\,; \quad [p \text{ (kg/cm}^2), \; d_i \text{ (mm)}, \; s \text{ (mm)}]$$

$$\sigma_r = -\frac{p}{100} \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_a = \frac{1}{100} \cdot \frac{d_i^2}{d_e^2 - d_i^2} \text{ kg/mm}^2.$$

Alegerea rezistențelor admisibile. La calculul conductelor de abur trebuie să se țină seama de condițiile în care lucrează (temperaturi înalte) și de fenomenele a căror apariție este legată de aceste condiții. Rezistența admisibilă se alege după temperatura la care lucrează conducta și anume :

Pentru temperaturi pînă la 250°C inclusiv, rezistența admisibilă depinde de rezistența de repere :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_r}{n_r}.$$

In domeniul de temperaturi cuprinse între 250°C și 400°C

$$\sigma_a = \frac{\sigma_s^t}{n_s}$$

unde σ_s^t este limita de curgere la temperatura respectivă.

In domeniul temperaturilor înalte, de peste 400°C se ia ca rezistență admisibilă cea mai mică dintre cele două rezultînd din expresiile de mai jos :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_s^t}{n_s}\,; \quad \sigma_a' = \frac{\sigma_n}{n_n}$$

unde σ_n este limita de fluaj la temperatura dată.

In expresiile de mai sus s-au notat cu n coeficienții de siguranță. Se admit următoarele valori pentru aceștia :

$$n_s = 2$$

n_r se alege în raport cu rezistența de rupere la 20°C și cum în general :

$$\frac{\sigma_r^{20}}{\sigma_s^{250}} \cong 2{,}25, \quad n_r = n_s \cdot 2{,}25 = 4{,}5$$

Pentru n_n se ia valoarea 1,5.

Aceste valori pot fi coborîte în anumite cazuri. Temperatura pereților se poate lua egală cu cea a mediului.

Exemplu de calcul. Se proiectează conducta de abur de legătură între un cazan de parametrii $p_1 = 39$ ata, $t_1 = 450$°C și o turbină de parametrii $p_2 = 35$ ata $t_2 = 435$°C. Debitul cazanului $Q = 35$ t/h. Traseul conductei este indicat în fig. 8.

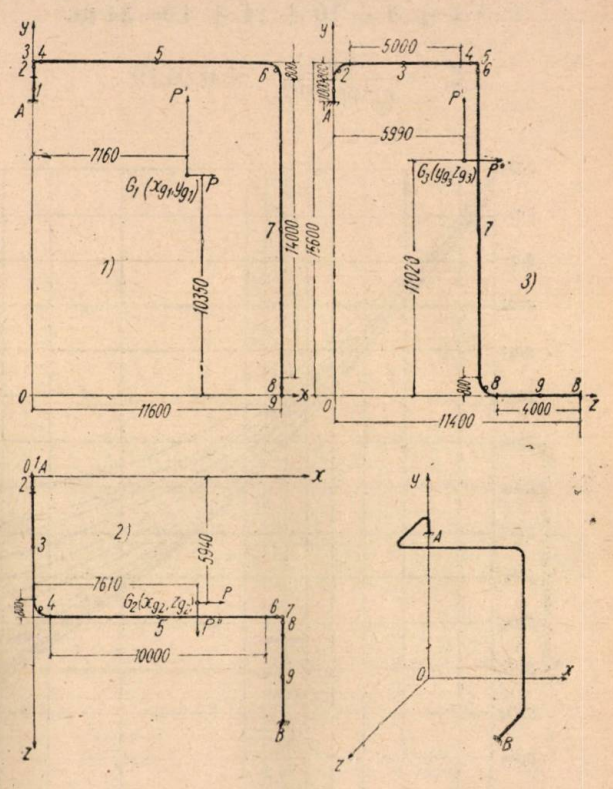


Fig. 8

Admițînd o viteză a aburului $W = 50$ m/s

$$d_i^2 = \frac{4\,Q\,v}{3600 \cdot \pi \cdot w} = \frac{4 \cdot 35000 \cdot 0{,}0811}{3600 \cdot 3{,}14 \cdot 50} = 0{,}02008 \text{ m}^2;$$

$d_i = ,142$ m

Diametrul convențional cel mai apropiat este :

$$d_i = 150 \text{ mm}.$$

Materialul conductei se alege după tabela 4 și anume la oțel carbon marca 20. Din tabela 6 rezultă la temperatura de 450°C o limită de fluaj de 5 kg/mm², iar limita de curgere de 10 kg/mm².

Grosimea peretelui va fi :

$$S = \frac{39 \cdot 150}{230 \cdot \frac{5}{1{,}5} = 39} + C = 8{,}04 + 1 \cong 9 \text{ mm}$$

corespunzînd cu valoarea din tabela 5 la presiunea convențională de 100 kg/cm².

Rezultă ca satisfăcătoare conducta de 159/141 mm Ø.

Viteza reală a aburului se recalculează pentru parametrii medii ai aburului între extremitățile conductei :

$$p_m = \frac{39+35}{2} = 37 \text{ ata}$$

$$t_m = \frac{450 + 435}{2} \cong 443°\text{C}$$

$$V_m = 0{,}08753 \text{ m}^2/\text{kg}$$

$$\gamma_m = 11{,}43 \text{ kg/m}^2$$

$$W_m = \frac{4\,35\,000 \cdot 0{,}08753}{3\,600 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}141^2} = 54{,}5 \text{ m/s}$$

Viteza este cuprinsă în limitele admisibile

Verificarea căderii de presiune

Lungimea dreaptă a conductei este:

$$l = 1 + 5 + 10 + 14 + 4 = 34\,\text{m}.$$

$$\zeta_1 = \frac{0{,}0561}{(35\,000)^{0.148}} = 0{,}0119$$

Se adaugă pierderea la separatorul de apă

$1{,}2 \times 16 \times 265 = 5\,100$ kcal/h

Piederea de căldură totală devine;

$14\,500 + 5\,100 = 19\,600$ kcal/h.

Verificarea eforturilor produse de dilatare. Pentru oțelul de marca 20 coeficientul de dila-

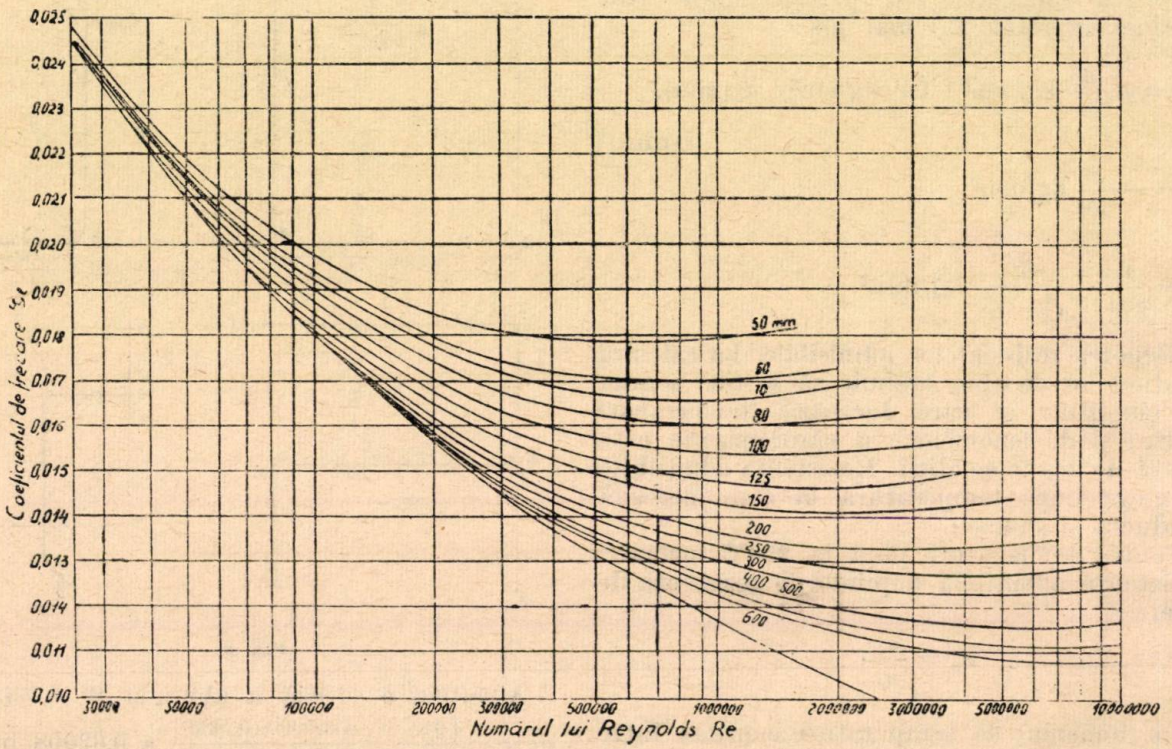


Fig. 9

Rezistențele locale ζ se compun din:

2 ventile	$2 \times 5{,}8$	$= 11{,}6$
4 curbe de 90°	$4 \times 0{,}1$	$= 0{,}4$
1 separator apă . . .	1×7	$= 7$
Total		19

Căderea de presiune

$$\Delta p = \frac{1}{10\,000}\left(0{,}0119\ \frac{34}{0{,}139} + 19\right)\frac{54{,}4^2 \cdot 11{,}43}{2 \cdot 9{,}81} =$$

$$= 3{,}77\ \text{kg/cm}^2$$

Alegerea izolației. Temperatura la suprafața conductei fiind de peste 300°C se alege ca material izolant sovelitul, care face parte din clasa B. După tabela 8 se alege grosimea izolației de 12 mm căreia îi corespunde după tabela 9, o pierdere de căldură de 290 kcal/mm.

Lungimea totală a conductei este de:

$$L = 34 + 4\,\frac{3{,}14 \cdot 0{,}8}{2} = 34 + 5{,}02 \cong 39\,\text{m}.$$

Tinînd seama de pierderile suplimentare de 20% prin suporți și lungimea echivalentă corespunzînd ventilelor după tabela 10:

$L = 1{,}2.\ 39 + 2 \cdot 1{,}5 = 50$ m

Pierderea de căldură este:

$50 \times 290 = 14\,500$ kcal/h

tare este pentru o creștere de temperatură de la 450°C.

$\alpha = 13{,}7.\ 10^{-6}$ mm/mm °C, iar modulul de elasticitate $E = 14\,000$ kg/mm² la 450°C. Se admite o temperatură a conductei la montaj de 10°C.

Dilatarea în proiecție pe cele 3 axe va fi:

$$\Delta_x = \alpha \cdot l_x \cdot \Delta t = 70\ \text{mm}$$
$$\Delta_y = \alpha \cdot l_y \cdot \Delta t = 83\ \text{mm}$$
$$\Delta_z = \alpha \cdot l_z \cdot \Delta t = 69\ \text{mm}$$

Determinarea elementelor de calcul pentru planul XOY;

Elementele *1, 5, 6, 7* sînt supuse la încovoiere

Elementele *3, 9* sînt supuse la torsiune

Elementele *2, 4, 8* sînt supuse la încovoiere și torsiune.

$$\lambda = \frac{800 \cdot 9}{75^2} = 1.278\,; \quad K = \frac{1 + 12 \cdot 1{,}278^2}{10 + 12 \cdot 1{,}278^2} = 0{,}696$$

Pe baza ecuațiilor teoretice stabilite mai sus se ajunge ușor la următoarele rezultate:

$$L_1 = 43{,}824\ \text{m}$$

Coordonatele centrului elastic:

$yg_1 = 10{,}35$

$xg_1 = 6{,}16$ m

Momentele de inerție față de axele Ox și Oy

$I_{1x} = 66\,407{,}9$ m³

$I_{1y} = 3427{,}22$ m³

$I_{1xy} = 2103{,}59$ m³ In planul xOz. Lungimea, : desfășurată.

$L_2 = 45{,}825$

Coordonatele centrului elastic.

$x_{g2} = 7{,}61$ m

$z_{g2} = 5{,}94$ m.

Momentele de inerție față de axele Ox Oz

$I_2 = 1855{,}245$m³

$I_{2z} = 3783{,}322$m³

$I_{2xz} = 2441{,}42$ m³

In planul yOz lungimea desfășurată :

$L_3 = 43{,}488$ m

Coordonatele centrului elastic

$z_{g3} = 5{,}99$ m

$y_{g3} = 11{,}02$ m

Momentele de inerție față de axele O_y Oz

$I_{3y} = 1805{,}8$ m³

$I_{3z} = 7\,261{,}69$ m³

$I_{3xy} = 2614{,}55$ m³

Momentele de inerție în raport cu axele trecînd prin centrele elastice.

In planul xoy

$I_{1xs} = 1716{,}9$ m³

$I_{1ys} = 1180$ m³

$I_{1xys} = -1145$ m³

In planul yOz :

$I_{3ys} = 247$ m³

$I_{3zs} = 1981$ m³

$I_{3yzs} = 255$ m³

Planul xOz

$I_{2xs} = 238$ m³

$I_{2zs} = 1127$ m³

$I_{2xzs} = 369$ m³

Din considerarea ecuațiilor expuse rezultă : $P = 1{,}15$ kg $P' = 3{,}7$ kg ; $P'' = 1{,}63$ kg, adică sistemul este foarte bine trasat din punct de vedere al compensării dilatărilor. Calculul continuă pentru determinarea rezistențelor numai pentru exemplificare.

— Momentele în încastrări :

— In încastrarea A.

$M_{it} = 21{,}01$ kg m

$M_{3t} = 26{,}70$ kgm

$M_{2t} = 3{,}09$ kgm

Momentul de încovoiere rezultant.

$M_{At} = \sqrt{21{,}01^2 + 26{,}7^2} = 35{,}4$ kgm

In încastrarea B

$M_{1t} = 28{,}32$ kgm

$M_{3t} = 38$ kgm

$M_{2t} = 0{,}24$ kgm

$M_{Bt} = \sqrt{38^2 + 0{,}24^2} \cong 38$ kgm

Determinarea rezistențelor ;

In încastrarea A,

Conducta este cu pereți groși :

$$B = \frac{159}{141} = 1{,}126$$

Efortul tangențial :

$n = 1{,}119$

$\sigma_{ti} = 329$ kg/cm²

$\sigma_{te} = 291$ kg/cm²

Efortul axial :

$\sigma_{ai} = 145$ kg/cm²

$$m = \frac{2}{3 \cdot 0{,}696} \sqrt{\frac{5 + 6 \cdot 1{,}278^2}{18}} = 0{,}862$$

$\sigma_{ae} = 145$ kg/cm²

Efortul radial

$\sigma_{ri} = -39$ kg/cm² $\sigma_{re} = 0$

Efortul datorit torsiunii

$$\tau_i = \frac{3{,}09}{4 \cdot 1195} 14{,}1 = 0{,}009 \text{ kg/cm}^2 ; \tau_e = \frac{3{,}09}{4\,1195}$$

$15{,}9 = 0{,}01$ kg/cm² 2

$$\sigma_i = \sqrt{329^2 + 145^2 + 39^2 - 329 \cdot 145 + 145 \cdot 39 + 329 \cdot 39 + 3 \cdot 0{,}009^2} \cong 319 \text{ kg/cm}^2.$$

Coeficienții de siguranță :

$n_n = \frac{500}{319} = 1{,}567$ $n_s = \frac{1\,000}{319} = 3{,}14$ sînt admisibili.

Din calculul de mai sus se vede că în cazul unui traseu bine ales conducta se autocompensează prin curbele ei și eforturile devin minime.

Bibliografie:

Kertelli : Centrale termoelectrice, vol. II (traducere), Edit. Energetică de Stat, 1952.

Ratner A. V. și *Zalkind E. M.* : Ozobenosti rasciota na procinosti cotlov vîsocogo davlenia, din Par vîsocogo davlenia v energetice, Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1950.

Andre Gage :Revue générale de mécanique, martie 1949.

Laricev V. A. : Oțelurile de calitate pentru instalațiile de cazane (traducere), Institutul de Documentare Tehnică.

Leibo, Schwedler : Conducte și armături în industria petrolului.

★

РАСЧЕТ ПАРОПРОВОДОВ

Резюме

В статье излагается ход расчета паропровода объемной конфигурации, от определения габаритов до проверки усилий из за расширения.

При расчете дилатационных усилий кратко излагается теория и даются элементы расчета наиболее часто встречающихся форм и позиций секций.

Для последних указывается способ определения математических выражений. В конце дается пример для иллюстрирования представленной расчетной схемы.

Metode de măsurare a curentului de punere monofazată la pămînt în reţelele electrice cu neutrul izolat

Ing. DINU MARTAC

In prezentul articol se descriu metodele mai cunoscute pentru măsurarea curentului de punere monofazată la pămînt în reţele cu neutrul izolat. Inainte de descrierea metodelor se dau schemele pentru cîteva cazuri caracteristice de funcţionare ale reţelelor, unele scheme fiind elaborate de autor. Se descriu apoi unele metode pentru măsurarea curentului de punere la pămînt dintre care una propusă de autor şi se indică domeniul lor de folosire.

La reţelele electrice cu neutrul izolat apare problema tratării neutrului în vederea reducerii curentului de punere la pămînt la valori minime.

Printre metodele folosite în acest scop citäm, ca cea mai răspîndită, folosirea bobinelor de stingere care se conectează între punctele neutre ale reţelelor electrice şi pămînt.

Bobinele de stingere au o largă răspîndire în toate ţările lumii.

In R.P.R. Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice a început în ultimul timp, o susţinută acţiune de a monta bobine de stingere în reţelele cu tensiune de 15 kV, 25kV, 30 kV, 35 kV şi 60 kV.

Pentru a putea pune în funcţiune o bobină de stingere ea trebuie „acordată" cu reţeaua pe care o deserveşte. Acordarea constă din varierea impedanţei inductive a bobinei pînă la o valoare cît mai apropiată de impedanţa capacitivă a reţelei. Aceasta înseamnă că bobina trebuie „reglată" astfel încît să compenseze în cît mai mare măsură, curentul de punere monofazată la pămînt. De aceea trebuie cunoscut acest curent de punere la pămînt în reţeaua al cărei neutru se tratează.

Determinarea acestui curent prin calcul nu oferă precizia necesară operaţiei de *acordare* a bobinei.

Astfel, cu ocazia punerii în funcţiune a fiecărei bobine trebuie măsurat curentul de punere monofazată la pămînt al reţelei respective.

In acest articol ne propunem a enumera metodele cele mai uzuale de măsurare a acestui curent precum şi de a menţiona o metodă de măsurare propusă de autor.

I. Scheme echivalente ale reţelelor electrice necesare determinării curentului de punere monofazată la pămînt

Inainte de a descrie metodele de măsurare a curentului de punere la pămînt şi pentru înţelegerea mai bună a acestor metode se vor trece în revistă schemele echivalente ale reţelelor în anumite situaţii de funcţionare. Menţionăm că unele din aceste scheme echivalente au fost elaborate de autor.

1. *Reţea cu simetrie longitudinală şi transversală în condiţii normale de funcţionare avînd numai forţe electromotoare directe.* Să considerăm o reţea electrică cu simetrie longitudinală şi transversală şi să facem o secţiune prin această reţea în punctul A (fig. 1).

Privită din punctul A, reţeaua poate fi descompusă în trei reţele : una de secvenţă directă, a doua de secvenţă inversă şi a treia de secvenţă homopolară.

Aceste trei reţele nu reprezenta decît modul de comportare a reţelei reale la curenţi de sevcenţă directă, inversă şi homopolară. In schema reţelei de secvenţă directă se presupune că toate impedanţele se reduc succesiv la o singură impedanţă echivalentă $\bar{Z}_d$, şi toate forţele electromotoare de succesiune directă se reduc la o singură forţă electromotoare echivalentă $\bar{E}_d$.

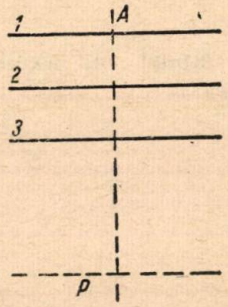


Fig. 1

In schema reţelelor de secvenţă inversă şi homopolară se presupune şi aci că se reduc impedanţele respective la o singură impedanţă echivalentă $\bar{Z}_i$ respectiv $\bar{Z}_h$. De asemenea se presupune că nu există nici o forţă electromotoare de succesiune inversă şi nici de succesiune homopolară.

Aceste trei scheme echivalente (directă, inversă şi homopolară) constituie elementele cu care se construiesc schemele în diferite alte regimuri de funcţionare.

2. *Reţea cu simetrie longitudinală şi transversală, funcţionînd cu un conductor legat la pămînt printr-o impedanţă $\bar{Z}$ şi avînd numai forţe electromotoare directe.*

Să considerăm o reţea cu simetrie longitudinală şi transversală, la care în punctul A (fig. 2) se conectează o impedanţă $\bar{Z}$ între conductorul fazei *1* şi pămînt.

Schema echivalentă a reţelei în acest caz este arătată în fig. 3. In această figură $\bar{Z}_d$, $\bar{Z}_i$, $\bar{Z}_h$, şi $\bar{E}_d$ au seminificaţia de la punctul 1 de mai sus.

Dacă se notează cu $\bar{I}_{A_1}$ şi $\bar{I}_{A_2}$ şi $\bar{I}_{A_3}$ cei trei curenţi care circulă din punctul A al reţelei spre pămînt şi cu $\bar{I}_{d_A}$ $\bar{I}_{i_A}$, şi $\bar{I}_{h_A}$ componenta directă, inversă

și homopolară a acestor trei curenți, atunci după cum se vede și din fig. 3

$$\bar{I}_{d_A} = \bar{I}_{i_A} = \bar{I}_{h_A} = \frac{\bar{I}_{A_1}}{3} = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i + \bar{Z}_h + 3\bar{Z}} \quad (1.2)$$

La rețelele la care punctele neutre sînt izolate adică tocmai la acele rețele la care vrem să

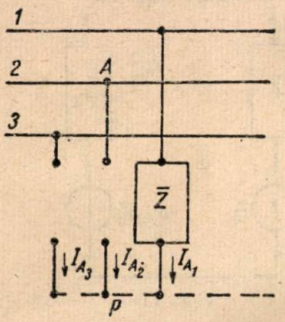


Fig. 2

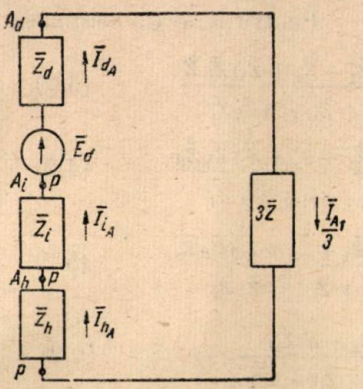


Fig. 3

măsurăm curentul de punere la pămînt impedanța $\bar{Z}_h$ este alcătuită numai din impedanța capacitivă a rețelei $\bar{Z}_{cap}$.

Impedanța capacitivă a unei rețele este însă aproape totdeauna de cîteva sute de ori mai mare decît impedanța ei directă $\bar{Z}_d$ sau inversă $\bar{Z}_i$. De aceea cu o eroare care nu depășește 1% se poate substitui schemei din fig. 3 schema din fig. 4 unde $\bar{Z}_d$ și $\bar{Z}_i$ s-au considerat neglijabile în raport cu $\bar{Z}_h = \bar{Z}_{cap}$ iar $\bar{Z}$ s-a presupus egal cu zero pentru a putea calcula curentul maxim de punere la pămînt

Din fig. 4 rezultă pentru acest curent $\bar{I}_p$;

$$\bar{I}_p = \bar{I}_{A_1} = \frac{3\bar{E}_d}{\bar{Z}_h} = \frac{3\bar{E}_d}{\bar{Z}_{cap}} = 3j\,C\omega\bar{E}_d \quad (2.2)$$

formulă cunoscută și cu ajutorul căreia se calculează în mod uzual curentul de punere la pămînt.

Se vede că pentru măsurarea curentului de punere la pămînt este necesar și suficient să se măsoare impedanța capacitivă $\bar{Z}_{cap}$ a rețelei. De aceea toate metodele de măsurare a curentului $\bar{I}_p$ sînt în realitate metode de măsurare a impedanței $\bar{Z}_{cap}$.

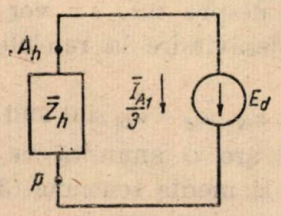


Fig. 4

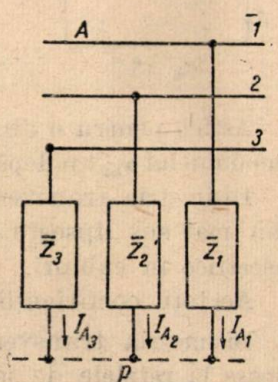


Fig. 5

3. *Rețea cu simetrie longitudinală și disimetrie transversală, în condiții de funcționare normală și avînd forțe electromotoare directe și homopolare.*

Disimetria transversală a unei rețele este datorită disimetriei capacităților celor trei faze față de pămînt.

Vom presupune pentru simplificare, impedanțele capacitive ale rețelei concentrate într-un punct oarecare A.

In fig. 5 este reprezentat punctul A al rețelei. In acest punct între fazele *1*, *2* și *3* sînt conectate impedanțele capacitive $\bar{Z}_1$ respectiv $\bar{Z}_2$ și $\bar{Z}_3$ ale rețelei. Prin cele trei impedanțe circulă curenții $\bar{I}_{A_1}$, $\bar{I}_{A_2}$ și $\bar{I}_{A_3}$.

Tot restul rețelei cu excepția punctului A este

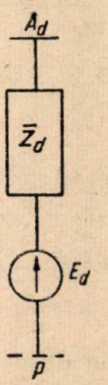


Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

simetric adică întru totul asemănător cu rețeaua descrisă la punctul 1 și reprezentată în fig. 1.

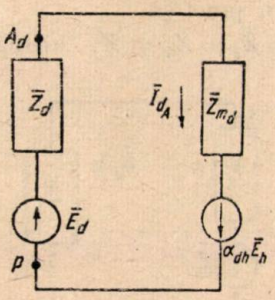


Fig. 9

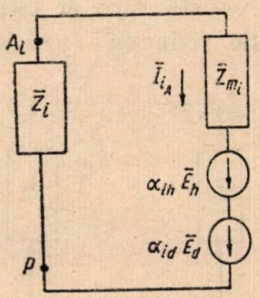


Fig. 10

Să presupunem în acest caz, că pornim de la rețeaua reprezentată în fig. 1 dar care are și forțe electromotoare homopolare. Această rețea prezintă simetrie atît longitudinală cît și transversală. Schemele echivalente ale rețelelor directe, inverse și homopolare în care se descompune rețeaua z sînt reprezentate în fig. 6, 7, și 8.

Prin conectarea în punctul A al impedantelor $\bar{Z}_1$, $\bar{Z}_2$ și $\bar{Z}_3$, rețeaua din fig. 1 se trans-

formă în rețeaua din fig. 5 care prezintă disimetrîe transversală.

Prin aceeași conectare a impedanțelor $\bar{Z}_1, \bar{Z}_2$ și $\bar{Z}_3$, schemele echivalente din fig. 6, 7 și 8 se transformă în schemele echivalente din fig. 9 10 și 11.

Aceste scheme au fost elaborate de autor.

Valorile diferitelor constante ce intervin în aceste scheme sînt date mai jos :

$$\bar{Z}_{md} = \frac{3\bar{Z}_1\bar{Z}_2\bar{Z}_3 + (\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1)(\bar{Z}_h + \bar{Z}_i) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)\bar{Z}_h\bar{Z}_i}{(\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)(\bar{Z}_h + \bar{Z}_i) + 3\bar{Z}_h\bar{Z}_i} \quad (3.2)$$

$$\bar{Z}_{mi} = \frac{3\bar{Z}_1\bar{Z}_2\bar{Z}_3 + (\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1)(\bar{Z}_h + \bar{Z}_d) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)\bar{Z}_h\bar{Z}_d}{(\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)(\bar{Z}_h + \bar{Z}_d) + 3\bar{Z}_h\bar{Z}_d} \quad (4.2)$$

$$\bar{Z}_{mh} = \frac{3\bar{Z}_1\bar{Z}_2\bar{Z}_3 + (\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1)(\bar{Z}_d + \bar{Z}_i) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)\bar{Z}_d\bar{Z}_i}{(\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)(\bar{Z}_d + \bar{Z}_i) + 3\bar{Z}_d\bar{Z}_i} \quad (5.2)$$

$$\bar{\alpha}_{dh} = \frac{(a^2\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + a\bar{Z}_3\bar{Z}_1) - \bar{Z}_i(\bar{Z}_1 + a\bar{Z}_2 + a^2\bar{Z}_3)}{(\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)(\bar{Z}_h + \bar{Z}_i) + 3\bar{Z}_h\bar{Z}_i} \quad (6.2)$$

$$\bar{\alpha}_{ih} = -\frac{(a\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + a^2\bar{Z}_3\bar{Z}_1) - \bar{Z}_d(\bar{Z}_1 + a^2\bar{Z}_2 + a\bar{Z}_3)}{(\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)(\bar{Z}_d + \bar{Z}_h) + 3\bar{Z}_h\bar{Z}_d} \quad (7.2)$$

$$\bar{\alpha}_{id} = \frac{(a^2\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + a\bar{Z}_3\bar{Z}_1) - \bar{Z}_h(\bar{Z}_1 + a\bar{Z}_2 + a^2\bar{Z}_3)}{(\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)(\bar{Z}_d + \bar{Z}_h) + 3\bar{Z}_d\bar{Z}_h} \quad (8.2)$$

$$\bar{\alpha}_{hd} = \frac{(a\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + a^2\bar{Z}_3\bar{Z}_1) - \bar{Z}_i(\bar{Z}_1 + a^2\bar{Z}_2 + a\bar{Z}_3)}{(\bar{Z}_1\bar{Z}_2 + \bar{Z}_2\bar{Z}_3 + \bar{Z}_3\bar{Z}_1) + (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3)(\bar{Z}_d + \bar{Z}_i) + 3\bar{Z}_d\bar{Z}_i} \quad (9.2)$$

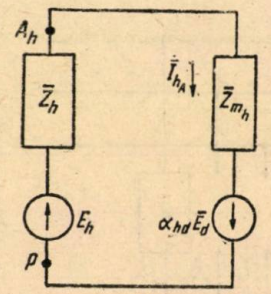


Fig. 11

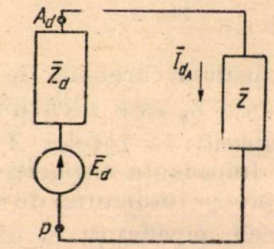


Fig. 12

Se vede că dacă $\bar{Z}_1$, $\bar{Z}_2$ și $\bar{Z}_3$ nu diferă mult între ele și sînt mult mai mari decît $\bar{Z}_d$, $\bar{Z}_i$ și $\bar{Z}_h$ valorile $\bar{Z}_{md}$, $\bar{Z}_{mi}$ și $\bar{Z}_{mh}$ sînt practic egale între ele și egale cu valoarea medie a lui $\bar{Z}_1, \bar{Z}_2$ și $\bar{Z}_3$ definită prin $Z_{med} = \frac{|\bar{Z}_1| + |\bar{Z}_2| + |\bar{Z}_3|}{3}$.

Aceasta este și cazul în practică.

Se vede că acă $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \bar{Z}_3 = \bar{Z}$, adică

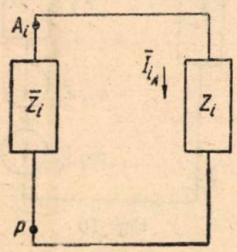


Fig. 13

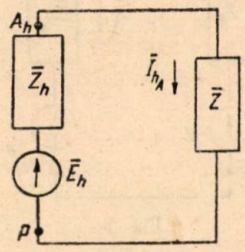


Fig. 14

dacă disimetria transversală dispare, se obține :

$$\bar{Z}_{md} = \bar{Z}_{mi} = \bar{Z}_{mh} = Z \quad (10.2)$$

și

$$\bar{\alpha}_{dh} = \bar{\alpha}_{ih} = \bar{\alpha}_{id} = \bar{\alpha}_{hd} = 0. \quad (11.2)$$

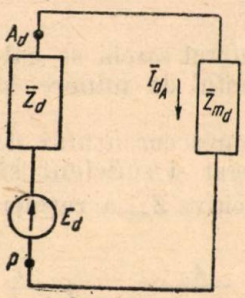
De asemenea schemele din fig. 9, 10, 11 se transformă în cele din fig. 12, 13, și 14.

Coeficienții $\bar{\alpha}_{dh}$, $\bar{\alpha}_{ih}$, $\bar{\alpha}_{id}$ și $\bar{\alpha}_{hd}$ caracterizează gradul de disimetrie al rețelei. Dintre toți acești coeficienți, cel care ne va interesa mai mult în cele ce urmează este coeficientul $\bar{\alpha}_{hd}$. El a fost numit de autor *„coeficient de disimetrie homopolară"*.

Acest coeficient constituie o constantă a rețelei și se poate determina atît prin calcul cît și experimental după cum vom vedea mai departe.

Pentru a ne da seama de ordinul de mărime a coefcientului $\bar{\alpha}_{hd}$ trebuie să apreciem în primul rînd disimetria rețelei.

Dacă presupunem că nici una din diferențele $|\bar{Z}_1| - |\bar{Z}_2|, |\bar{Z}_2| - |\bar{Z}_3|$ și $|\bar{Z}_3| - |\bar{Z}_1|$, nu depășește εZ_{med} $\left(\text{unde } Z_{med} = \frac{|\bar{Z}_1| + |\bar{Z}_2| + |\bar{Z}_3|}{3}\right)$ atunci α_{hd} nu depășește în modul $\frac{\varepsilon}{2\sqrt{3}}$.



F.g. 15

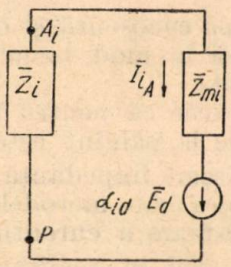


Fig. 16

Astfel, pentru o disimetrie de 10% ($\varepsilon = 0{,}1$), modulul lui $\bar{\alpha}_{hd}$ nu depășește 2,9% ($|\alpha_{hd}| < 0{,}029$).

Disimetria transversală despre care s-a vorbit mai sus lipsește cu desăvîrșire la rețelele electrice în cabluri.

Aci toți coeficienții $\bar{\alpha}_{dh}$, $\bar{\alpha}_{ih}$, $\bar{\alpha}_{id}$ -i $\bar{\alpha}_{hd}$ sînt nuli.

Disimetria transversală are o anumită valoare la rețelele de joasă și medie tensiune (3 + 35 kV).

In general însă cum aceste rețele sînt deobicei destul de extinse, chiar dacă nu există transpunerea fazelor, disimetria nu este prea mare deoarece inegalitatea capacităților diverselor faze se compensează pe ansamblul rețelei.

valoarea curentului de punere la pămînt $\bar{I}_p$ este:

$$\bar{I}_p = \bar{I}''_{A_1} = 3\,(1 - \bar{\alpha}_{hd})\,\frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_{mh}} \cong \frac{3\bar{E}_d}{\bar{Z}_{mh}}. \qquad (12.2)$$

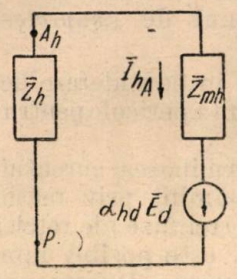


Fig. 17

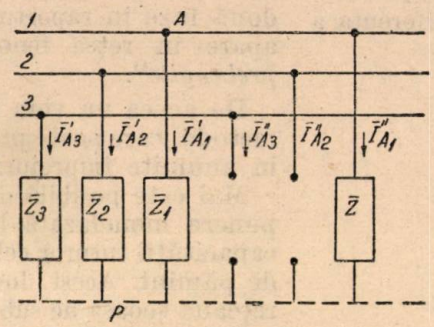


Fig. 18

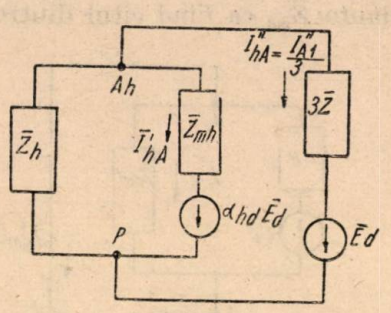


Fig. 19

Disimetriile cele mai mari s-au observat la rețelele de înaltă tensiune (60 kV și mai mult) la care nu există transpunerea.

S-a considerat în rețeaua din fig. 8 existența simultană a forțelor electromotoare directe și homopolare.

La funcționarea normală, forțele electromotoare homopolare lipsesc, iar schemele echivalente din fig. 9, 10 și 11 devin cele din fig. 15, 16, și 17.

Totuși s-a luat în considerare și existența forțelor electromotoare homopolare în fig. 8, 9, 10 și 11 deoarece în anumite metode de măsură ale curentului de punere la pămînt, se introduc în mod special asemenea forță electromotoare, după cum se va arăta mai jos.

4. *Rețea cu simetrie longitudinală și disimetrie transversală funcționînd cu un conductor legat la pămînt printr-o impedanță $\bar{Z}$ și avînd numai forță electromotoare directă.*

Să considerăm o rețea cu simetrie longitudinală și disimetrie transversală, la care în punctul A se conectează o impedanță $\bar{Z}$ între conductorul fazei *1* și pămînt. Pentru simplificare, vom presupune impedanțele capacitive ale rețelei (care creează disimetria transversală) concentrate de asemenea în punctul A. In fig. 18 este reprezentat punctul A al unei asemenea rețele

Autorul a arătat că în acest caz, dacă se neglijează $\bar{Z}_d$ și $\bar{Z}_i$ în raport cu $\bar{Z}_1$, $\bar{Z}_2$ și $\bar{Z}_3$ — lucru care este întotdeauna posibil — schema echivalentă a rețelei este cea arătată în fig. 19.

In această figură, $\bar{Z}_{mh}$ are valoarea dată de formula (5,2) iar $\bar{\alpha}_{hd}$ valoarea dată de formula (9,2).

La rețelele la care nici un punct neutru nu este legat la pămînt — adică tocmai la rețelele care ne interesează $\bar{Z}_h$ devine infinit (deoarece impedanța capacitivă a fost considerată separat). In acest caz, considerînd de asemenea și $\bar{Z} = 0$, pentru obținerea curentului de punere la pămînt maxim, schema din fig. 19 devine cea arătată în fig. 20. Din această figură se vede că

Cu alte cuvinte pentru determinarea curentului de punere la pămînt $\bar{I}''_{A_1}$ ete necesar și suficient să se cunoască impedanța $\bar{Z}_{mh}$ care după cum am văzut la punctul 3, în cazurile întîlnite în practică nu diferă sensibil de valoarea medie a impedanțelor $\bar{Z}_1$, $\bar{Z}_2$ și $\bar{Z}_3$.

Observăm deci, că și la punctul 2, măsurarea lui $\bar{I}''_{A_1}$ — curentul de punere la pămînt — se face de fapt prin măsurarea impedanței $\bar{Z}_{mh}$.

Vom stabili anumite relații în legătură cu schema din fig. 19 relații care vor fi utile pentru

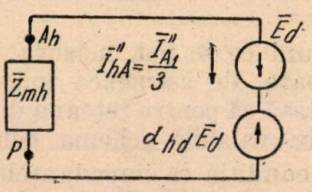


Fig. 20

înțelegerea uneia din metodele de măsurare a curentului de punere la pămînt.

Fie în fig. 19 $\bar{Z}_h = \infty$. Vom considera două situații distincte și vom măsura în fiecare din ele tensiunea între punctele P și A_h adică V_{P-A_h}.

In prima situație considerăm că impedanța $\bar{Z}$ este infinită. In acest caz avem diferență de potențial dintre P și A_h egală cu:

$$\bar{V}'_{P-A_h} = +\,\bar{\alpha}_{hd}\,\bar{E}_d, \qquad (13.2)$$

In a doua situație să considerăm că $\bar{Z}$ are o anumită valoare finită. In acest caz diferența de potențial dintre punctele P și A_h devine

$$\bar{V}''_{P-A_h} = \frac{\bar{Z}_{mh} + 3\bar{\alpha}_{hd}\,\bar{Z}}{\bar{Z}_{mh} + 3\bar{Z}}\,\bar{E}_d. \qquad (14.2)$$

Se vede în aceste condiții că:

$$\bar{V}''_{P-A_h} - \bar{V}'_{P-A_h} = \frac{\bar{Z}_{mh}\quad \bar{I}''_{A_1}}{3} \qquad (15.2)$$

sau :

$$\bar{Z}_{mh} = 3\,\frac{\bar{V}''_{P-A_h} - \bar{V}'_{P-A_h}}{\bar{I}''_{A1}}. \qquad (16.2)$$

Relaţia (16,2) ne arată că putem determina impedanţa $\bar{Z}_{md}$ ca fiind cîtul dintre diferenţa a

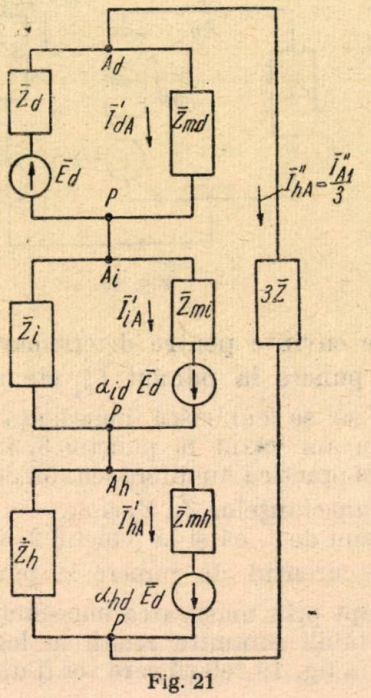


Fig. 21

două tensiuni ce se pot măsura şi un curent, care se poate, de asemenea măsura.

Autorul arată că pentru reţeaua din fig. 18, este aproximativ valabilă schema echivalentă din fig. 21 cu condiţia ca impedanţele $\bar{Z}_1$, $\bar{Z}_2$ şi $\bar{Z}_3$ să nu difere mult între ele. Astfel dacă nici una din diferenţele $|\bar{Z}_1| - |\bar{Z}_2|$, $|\bar{Z}_2| - |\bar{Z}_3|$ şi $|\bar{Z}_3| - |\bar{Z}_1|$ nu depăşeşte εZ_{med} (unde $Z_{med} = \frac{|\bar{Z}_1| + |\bar{Z}_2| + |\bar{Z}_3|}{3}$) şi dacă nici una din fracţiile care au ca numărător pe Z_d sau Z_i şi ca numitor pe Z_1, Z_2 sau Z_3 nu depăşeşte η atunci erorile curenţilor calculate cu schema echivalentă din fig, 24 nu depăşesc $\frac{4}{3}\varepsilon^2\eta$. De exemplu în cazul deosebit de defavorabil cînd $\varepsilon = 0{,}3$ (dismetrie de 30%) şi $\eta = 0{,}1$ (10%) eroarea datorită adopării schemei din fig. 21 nu depăşeşte 1,2%. Cu alte cuvinte adoptarea schemei din fig. 21 duce la rezultate deplin satisfăcătoare în cazurile întîlnite în practică. Se poate demonstra că schema din fig. 21 devine riguros valabilă în cazul limită $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \bar{Z}_3 = \bar{Z}$.

II. Metode de măsurare a curentului de punere la pămînt monofazată

Curentul de punere monofazică la pămînt se poate determina prin legarea unei faze la pămînt şi măsurarea curentului care trece prin conductorul de legătură între fază respectivă şi pămînt.

Aceasta metodă implică „o punere voită la pămînt" în reţeaua în funcţiune. Lucrul acesta nu este în toadeuna posibil de făcut de oarece prin punerea la pămînt se supratensionează două faze în raportul $\sqrt{3}$. De asemenea poate apare în reţea fenomenul de *„supratensiuni prelungite"*.

De aceea nu vom lua în considerare această metodă, care poate prezenta pericole pentru reţea în anumite împrejurări.

Mai este posibilă determinarea curentului de punere monofazată la pămînt prin măsurarea capacităţii tuturor celor trei faze ale reţelei faţă de pămînt. Acest lucru este posibil numai cu reţeaua scoasă de sub tensiune. Deoarece marea majoritate a reţelelor nu permit asemenea întreruperi, nu vom lua în considerare nici această metodă.

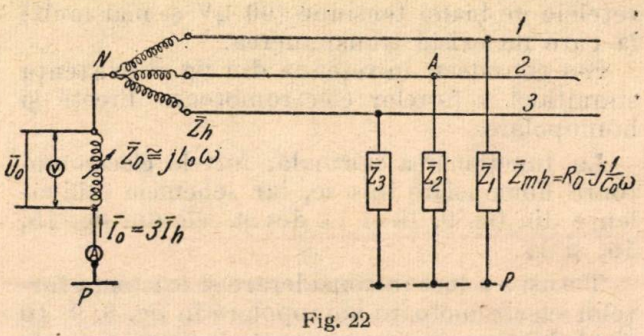


Fig. 22

Vom expune mai jos cinci metode dintre care una propusă de autor. Toate aceste metode îndeplinesc două condiţii (pe care nu le îndeplineau cele două metode menţionate mai sus) şi anume :

— încercarea se face cu reţeaua în funcţiune ;

— nu se creează, prin încercare, o sursă de pericole pentru funcţionarea reţelei.

Metodele expuse le vom împărţi în două categorii din punct de vedere al disimetriei capacitive a reţelei şi anume :

— metode care utilizează disimetria capacitivă a reţelei ca factor esenţial pentru metodă şi care deci, nu se pot aplica decît în reţelele unde această disimetrie există ; din această categorie de metode fac parte primele două metode expuse mai jos ;

— metode la care disimetria capacitivă a reţelelor ezte un factor perturbator, constituind o sursă de erori, din care cauză aceste metode sînt folosite în special în reţelele unde disimetria capacitivă este nulă sau foarte mică ; din această categorie de metode fac parte ultimele teri metode expuse mai jos.

Metoda *1. Descrierea metodei.* Schema de principiu a metodei este arătată în fig. 22. Schema echivalentă a instalaţiei (dedusă pe baza schemei din fig 17) este reprezentată în fig. 23. Se conectează între unul din punctele neutre ale reţelei (N) şi pămînt (P) bobina de stingere care urmează să se acordeze". Fie $\bar{Z}_0$ impedanţa

acestei bobine și $\bar{Z}_h$ impedanța homopolară a restului rețelei privită din punctul A.

Se variază impedanța $\bar{Z}_0$ a bobinei prin schimbarea ploturilor și se măsoară simultan curentul

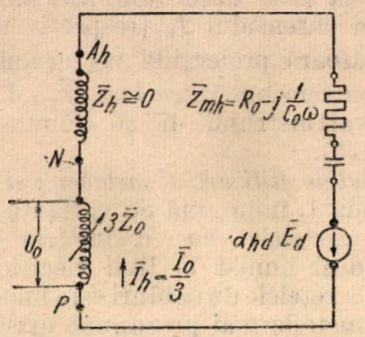


Fig. 23

$\bar{I}_0$ ce trece bobina și tensiunea $\bar{U}_0$ la bornele bobinei.

Impedanța $\bar{Z}_0$ se poate considera cu suficientă aproximație ca fiind o inductanță pură, adică:

$$\bar{Z}_0 \cong j L_0 \omega. \tag{1.3}$$

Impedanța $\bar{Z}_{mh}$ o vom considera ca fiind formată dintr-o rezistență (corespunzătoare rezistenței de izolație a rețelei) și dintr-o impedanță pur capacitivă (corespunzătoare capacității rețelei).

$$\bar{Z}_{mh} = R_0 - j\frac{1}{C_0\omega}. \tag{2.3}$$

De asemenea neglijăm pe $\bar{Z}_h$, față de $\bar{Z}_0$.

In aceste condiții curentul $\bar{I}_h$, conform schemei din fig. 23 este dat de formula:

$$\bar{I}_h = \frac{\bar{I}_0}{3} = \frac{\bar{\alpha}_{hd}\bar{E}_d}{R_0 + j\left(3L_0\omega - \frac{1}{C_0\omega}\right)}. \tag{3.3}$$

De asemenea tensiune $\bar{U}_0$ la bornele bobinei devine în aceste condiții:

$$\bar{U}_0 = 3\bar{Z}_0\bar{I}_h = \bar{Z}_0\bar{I}_0 = \frac{3j\bar{\alpha}_{hd}\bar{E}_d L_0\omega}{R_0 + j\left(3L_0\omega - \frac{1}{C_0\omega}\right)} \tag{4.3}$$

Modulul curentului $\bar{I}_0$ are în consecință următoarea valoare:

$$I_0 = \frac{3\alpha_{hd}E_d}{\sqrt{R_0^2 + \left(3L_0\omega - \frac{1}{C_0\omega}\right)^2}}. \tag{5.3}$$

Din această formulă se vede că atunci cînd L_0 variază curba lui I_0 în funcție de L_0 este de forma celei din fig. 27. Această curbă are un maxim pentru $L_0\omega = L_0'\omega = \frac{1}{3C_0\omega}$ și valoarea acestui maxim este de:

$$I_{0\,max} = \frac{3\alpha_{hd}E_d}{R}. \tag{6.3}$$

Tensiune la bornele bobinei, în cazul $L_0\omega = L_0'\omega = \frac{1}{3C_0\omega}$ este:

$$U_{0\,max} = \frac{\alpha_{dh}E_d}{C_0\omega R_0} = \frac{I_{0\,max}}{3C_0\omega}. \tag{7.3}$$

Modul de experimentare este următorul:

a) Se măsoară tensiunea $V_{0\infty}$ la bornele unde urmează să se conecteze bobina (diferența de potențial dintre punctul N și punctul P în fig. 23). Această tensiune este egală — conform schemei din fig. 23 cu:

$$V_{0\infty} = \alpha_{hd}E_d. \tag{8.3}$$

b) Se conectează bobina și se schimbă succesiv piloturile, măsurîndu-se simultan curentul I_0 și tensiunea U_0.

Cu rezultatele obținute se trasează cubra din fig. 24.

Se determină astfel $I_{0\,max}$ și $V_{0\,max}$.

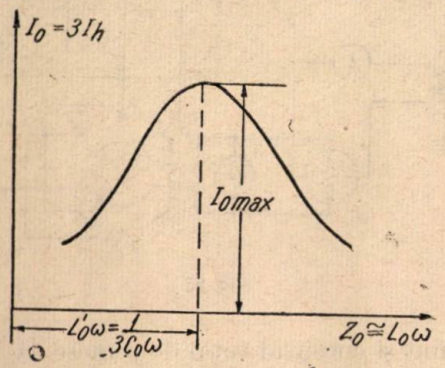


Fig. 24

Valoarea rezistenței R_0 definită în (2.3) se deduce din (6.3) și (8.3):

$$R_0 = \frac{3U_{0\infty}}{I_{0\,max}}. \tag{9.3}$$

Valoarea impedanței capacitive $\frac{1}{C_0\omega}$ definită în (2.3) se deduce din (7.3)

$$\frac{1}{C_0\omega} = \frac{3U_{0\,max}}{I_{0\,max}}. \tag{10.3}$$

Impedanța capacitivă devine atunci:

$$\bar{Z}_{mh} = \frac{3(U_{0\infty} - jU_{0\,max})}{I_{0\,max}} \tag{11.3}$$

Curentul de punere la pămînt se calculează final după formula

$$I_p = \frac{E_d}{\sqrt{U_{0\infty}^2 + U_{0\,max}^2}} I_{0\,max} \cong \frac{E_d}{U_{0\,max}} \times I_{0\,max} \tag{12.3}$$

Varianta metodei 1. Determinarea experimentală a lui $I_{0\,max}$ poate fi însoțită de anumite greutăți în funcționarea normală a rețelei. In adevăr, cînd condiția de rezonanță este îndeplinită

$$L_0\omega = L_0'\omega = \frac{1}{3C_0\omega}. \tag{13.3}$$

curentul I_0 are valoare maximă dată de formula (6.3) iar tensiunea U_0 are valoarea:

$$U_{0\,max} = \frac{\alpha_{hd} E_d}{R_0 C_0 \omega}. \qquad (14.3)$$

Raportul dintre R_0 și $\frac{1}{C_0 \omega}$ care este egal cu raportul dintre curentul rezidual wattat de punere

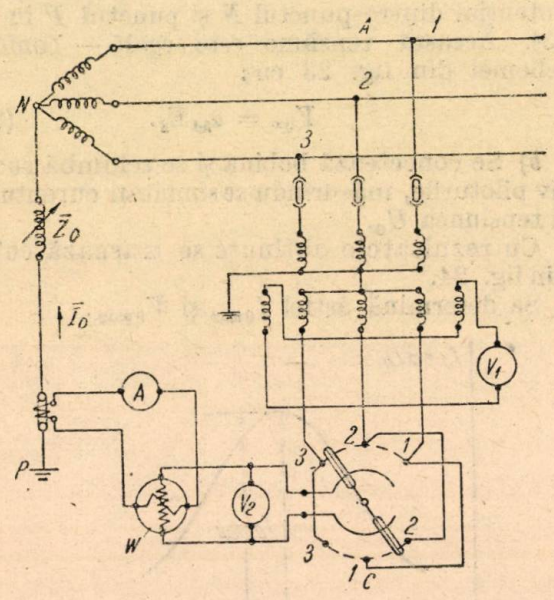


Fig. 25

la pămînt și curentul total de punere la pămînt — nu coboară, în practica instalațiilor energetice sub 5%, cu alte cuvinte avem relația:

$$R_0 C_0 \omega \geqslant 0{,}05.$$

De asemenea, în mod uzual nu se întîlnesc disimetrii capacitive care să depășească 5% adică:

$$\alpha_{hd} \leqslant 0{,}05$$

In aceste condiții tensiunea $U_{0\,max}$ atinge în cazurile cele mai critice valoarea E_d.

Cu alte cuvinte cînd se variază împedanța Z_0 în jurul valorii de rezistență $Z_0 = L_0' \omega = \frac{1}{3C_0 \omega}$ tensiunea U_0 capătă valori ridicate care pot ajunge pînă la valoarea tensiunii pe fază E_d.

Aceste valori mari ale tensiunii U_0 pot aduce rețeaua în condiții de funcționare similare cu condițiile de funcționare în cazul unei puneri monofazate la pămînt.

De aceea se poate ivi necesitatea de a nu trece experimental prin valorile I_{0max} și U_{0max}. Acest lucru este realizat de varianta metodei 1 descrisă mai jos.

Principiul variantei se bazează pe obsevații că se poate calcula valoarea lui $\bar{I}_{0\,max}$ dacă se dispune de două valori oarecare $\bar{I}_{01}$ și $\bar{I}_{02}$ ale curentului $\bar{I}_1$.

In adevăr după formula (3.3) locul geometric al vîrfului vectorului $\bar{I}_0$ este un cerc care trece prin origină și care are ca diametru pe $I_{0\,max}$. Dacă se determină extremitățile a doi vectori oarecare $\bar{I}_{01}$ și $\bar{I}_{02}$ se poate trasa cercul și determină astfel diametrul său egal cu $I_{0\,max}$.

Același lucru se poate spune despre $\bar{U}_0$.

Pentru ca să se determine atît amplitudinea cît și faza curentului I_0 (respectiv a tensiunii $\bar{U}_0$) se măsoară proiecțiile vectorului respectiv pe cele trei tensiuni între faze $\bar{V}_{12}$, $\bar{V}_{23}$, $\bar{V}_{31}$ cu ajutoul wattmetrului W și comutatorului C (vezi fig. 25).

Domeniul de utilizare al metodei 1 și a variantei sale. Metoda 1, împreună cu varianta sa, se pot folosi la rețelele cu d'simetrie capacitivă ($\alpha_{hd} \neq 0$) deci numai la linii electrice aeriene. Folosirea la rețelele de cabluri este imposibilă. De asemenea metoda mai presupune existența unei bobine de stingere prevăzute cu ploturi și avînd domeniul de variație al impedanței astfel încît să cuprindă și valoarea impedanței de rezonanță cu rețeaua sau să fie cel puțin apropiat de această valoare.

Menționăm că această metodă este una din cele mai răspîndite metode pentru liniile aeriene.

Metoda 2 (propusă de autor). *Descrierea metodei.* Metoda are avantajul că nu folosește o bobină de stingere. Ea se aplică întocmai ca și metoda 1 numai la rețele care prezintă o disimetrie capacitivă.

Schema de principiu a metodei este indicată în fig. 26. Punctul N reprezintă neutrul transformatorului la care urmează să se racordeze bobina; iar punctul P reprezintă pămîntul.

Se măsoară în primul tensiunea între punctul N și punctul P

$$U_{P-N} = \alpha_{hd} E_d \qquad (15.3)$$

Se leagă apoi punctul N cu punctul P prin intermediul unui transformator de curent și se

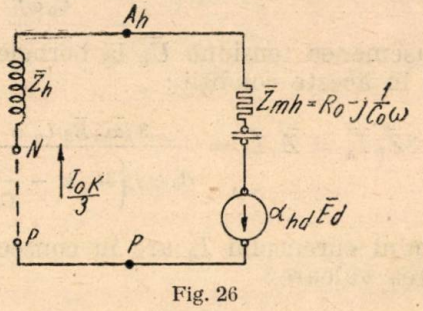


Fig. 26

măsoară curentul I_{0k}. Neglijînd pe $\bar{Z}_h$ în raport cu $\bar{Z}_{mh}$ se poate scrie:

$$I_{0k} = \frac{3\alpha_{hd} E_d}{Z_{mh}}. \qquad (16.3)$$

Tinînd seama de relațiile (15.3) și (16.3) obținem:

$$Z_{mh} = \frac{3U_{P-N}}{I_{0k}}. \qquad (17.3)$$

Curentul de punere la pămînt va avea atunci valoarea

$$I_p = \frac{3E_d}{Z_{inh}} = I_{0k} \cdot \frac{E_d}{V_{P-N}}. \qquad (18.3)$$

Domeniul de utilizare. Metoda se poate folosi numai la rețele la care există disimetrie capacitivă ($\alpha_{hd} \neq 0$) deci numai la rețelele aeriene și nu la cabluri.

De asemenea metoda este recomandabilă numai unde disimetriile sînt relativ mari pentru ca valorile V_{P-N} și I_{0k} să aibă valori suficient de mari spre a putea fi cetite cu precizie convenabilă.

Metoda *3. Descrierea metodei.* Schema de principiu a metodei este indicată în fig. 27. Meto-

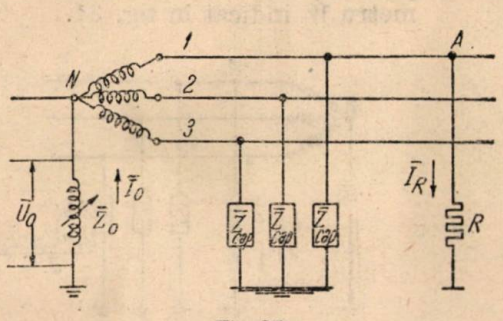


Fig. 27

da presupune că nu există disimetrii capacitive în rețea. După cum se vede în fig. 27 între conductorul fazei *1* și pămînt se conectează o rezistență ohmică de valoare foarte mare. Intre neutrul rețelei *N* și pămînt *P* se conectează bobina care urmează să se acordeze.

Se variază reactanța $\bar{Z}_0$ a bobinei pînă cînd curentul $\bar{I}_R$ care circulă prin rezistența *R* are valoarea minimă și este în fază cu tensiunea $\bar{U}_0$ la bornele bobinei.

In fig. 28 s-a reprezentat schema echivalentă a rețelei din fig. 27. S-a presupus că reactanța

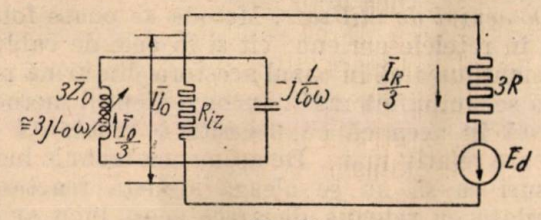


Fig. 28

homopolară a liniei și a transformatorului este neglijabilă în raport cu reactanța bobinei. De asemenea s-a presupus impedanța capacitivă $\bar{Z}_{cap}$ simetrică a rețelei ca fiind compusă dintr-o capacitate în paralel cu o rezistență foarte mare care este rezistența de izolație. In fine s-a considerat $\bar{Z}_d$ și $\bar{Z}_i$ neglijabile în raport cu rezistența *R* și impedanțele $\bar{Z}_0$ și $\bar{Z}_{cap}$. Cu aceste precizări, fig. 28 nu reprezintă altceva decît fig. 19 transformată.

Din fig. 28 se deduce:

$$\bar{I}_R = \frac{3\bar{E}_d}{3R + \dfrac{1}{\dfrac{1}{R_{iz}} + j\left(C_0\omega - \dfrac{1}{3L_0\omega}\right)}}. \qquad (19.3)$$

$$\bar{U}_0 = \frac{\bar{E}_d}{3R\left[\dfrac{1}{R_{iz}} + j\left(C_0\omega - \dfrac{1}{3L_0\omega}\right)\right] + 1} = \frac{\bar{I}_R}{3\left[\dfrac{1}{R_{iz}} + j\left(C_0\omega - \dfrac{1}{3L_0\omega}\right)\right]} \qquad (20.3)$$

Se vede că pentru $L_0\omega = L_0'\omega = \frac{1}{3C_0\omega}$ curentul I_R devine în faza cu forța electro-motoare E_d și are valoarea:

$$\bar{I}_{R1} = \frac{3\bar{E}_d}{3R + R_{iz}}. \qquad (21.3)$$

Tot în acel moment tensiunea $\bar{U}_0$ este și ea în fază cu forța electro-motoare $\bar{E}_d$ și are valoarea:

$$\bar{U}_{01} = \frac{\bar{E}_d R_{iz}}{3R + R_{iz}}. \qquad (22.3)$$

Fie $\bar{I}_{01}$ valoarea curentului $\bar{I}_0$ cînd condiția de rezonanță este îndeplinită. Atunci avem:

$$\frac{1}{C_0\omega} = 3L_0'\omega = \frac{3U_{01}}{I_{01}} \qquad (23.3)$$

$$R_{1z} = \frac{3E_d}{I_{R_1}} - 3R. \qquad (24.3)$$

Curentul de punere la pămînt devine conform schemei din fig. 28 (în care *R* devine zero și Z_0 devine infinit):

$$I_P = 3E_d\sqrt{\left(\frac{1}{R_{1z}}\right)^2 + C_0^2\omega^2} = E_d\sqrt{\frac{1}{\left(\dfrac{E}{I_{R_I}} - 3R\right)^2} + \frac{I_{01}^2}{U_{01}^2}} \cong E_d \cdot \frac{I_{01}}{U_{01}}. \qquad (25.3)$$

Ca și în metoda 1 se determină curentul de punere la pămînt determinînd punctul de rezonanță.

Chiar formulele din metodele *1* și *3* sînt analoge. Deosebirea dintre metode constă în faptul că tensiunile hompolare $\bar{U}_0$, care puteau deveni periculoase în metoda 1, pot fi reduse după voie prin alegerea convenabilă a rezistenței limitatoare *R* conform formulei (22.3).

Modul de experimentare se poate urmări pe fig. 29. Se pune comutatorul *C* pe poziția *a*, *b*, alimentînd astfel voltmetrul *V* și bobina de tensiune a wattmetrului *W* cu tensiunea U_0 (se presupune că se neglijează impedanța homopolară a transformatorului de putere, U_0 fiind în acest caz tensiunea la bornele bobinei de stingere). Fie *p* puterea secundară indicată de wattmetrul *W*, I_R' curentul indicat de ampermetrul A_2 și U_0' tensiunea indicată de voltmetrul *V*. In general

$$p < U_0' I_R'.$$

Se variază impedanța bobinei $\bar{Z}_0$ pînă cînd :

$$p = U'I'_R$$

In acel moment sîntem la rezonanță; curentul I_R și tensiunea U_0 au în acel moment valorile date de formulele (21.3) și (22.3) Se citește în același timp și I_{01} la ampermetrul A_1. Curentul de punere la pămînt se determină cu ajutorul formulei (25.3).

Domeniul de utilizare. Metoda este folosită exclusiv în rețelele de cabluri și anume de obicei

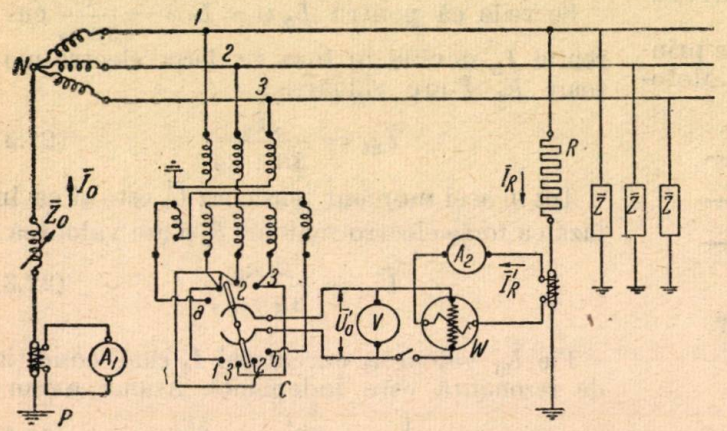


Fig. 29

între 3 ÷ 30 kV. Metoda are inconvenientul că necesită o rezistență ohmică de valoare ridicată precum și o bobină de stingere al cărei domeniu de reglaj să conțină și valoarea de rezonanță. In rețelele extinse, unde trebuie montate mai multe bobine, măsurătoarea devine mai dificilă. De aceea metoda se recomandă mai ales la rețelele de mică extindere la care compensarea se poate face cu una sau două bobine.

Metoda *4. Descrierea metodei.* Schema de principiu este arătată în fig. 30. Metoda se poate aplica atît la rețelele cu disimetrii capacitive cît și la cele fără aceste disimetrii.

Metoda constă principial în a conecta între faza *1* și pămînt o impedanță $\bar{Z}$ inductivă.

Schema echivalentă a unui asemenea montaj este arătată în fig. 19 unde se consideră $\bar{Z}_h = \infty$

Se vede că $\bar{Z}_{mh}$ fiind o impedanță capacitivă și $\bar{Z}$ o impedanță inductivă, există pericolul de rezonanță. De aceea în practică se alege $\bar{Z}$ de cîteva zeci de ori mai mare decît $\bar{Z}_{mh}$.

S-a arătat în paragraful I punctul 4 că în cazul schemei din fig. 19, dacă se măsoară tensiunea între punctul P și A_h, $(\bar{V}'_{P-A_h})$ cînd impedanța $\bar{Z}$ nu este conectată și tensiunea între aceleași puncte $\bar{V}''_{P-A_h}$ cînd impedanța $\bar{Z}$ este conectată precum și curentul care circulă prin impedanța $\bar{Z}$, $\bar{I}''_{A_1}$ atunci valoarea impedanței $\bar{Z}_{mh}$ a rețelei este :

$$Z_{mh} = 3\,\frac{\bar{V}''_{P-A_h} - \bar{V}'_{P-A_h}}{\bar{I}''_{A_1}} \qquad (26.3)$$

Modul cum se măsoară vectorii $\bar{V}''_{P-A_h}$ și $\bar{V}'_{P-A_h}$ este arătat în schema de montaj din fig. 31. Cu ajutorul acestei scheme se ridică diagrama din fig. 32.

Vectorii $\bar{V}''_{P-A_h}$ și $\bar{V}'_{P-A_h}$ se construiesc prin proiecțiile lor pe cele trei tensiuni între faze V_{12}, V_{23} și V_{31}, proiecții care se măsoară cu wattmetru W indicat în fig. 31.

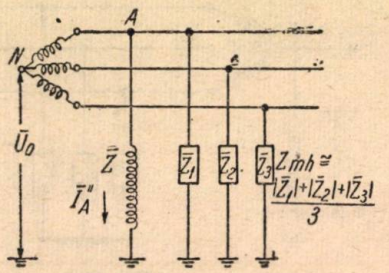


Fig. 30

Curentul de punere la pămînt I_p se calculează atunci cu formula :

$$I_p = \frac{E_d}{|\bar{V}''_{P-A_h} - \bar{V}'_{P-A_h}|} \times \bar{I}''_{A_1} \qquad (27.3)$$

In cazul rețelelor în cabluri unde $\alpha_{hd} = 0$ relațiile se simplifică deoarece $\bar{V}'_{P-A_h}$ In acest caz nu mai este nevoie nici de wattmetru; un ampermetru și un voltmetru sînt suficiente pentru măsurătoare.

Domeniul de utilizare. Metoda se poate folosi atît în rețelele aeriene cît și în cele de cabluri cu mențiunea că în cazul acestora din urmă metoda se simplifică mult. Inconvenientul metodei constă în acea că ea necesită o reactanță de valoare relativ mare. De asemenea trebuie luate măsuri ca să nu se aleagă această reactanță acordată cu rețeaua deoarece acest lucu ar da naștere la fenomene de rezonanță periculoasă

Metoda 5. Schema de principiu a metodei este arătată în fig. 33. La o rețea cu neutru izolat se leagă între un punct neutru oarecare N și pămînt P o sursă de forță electromotoare E_h și impedanță interioară $\bar{Z}_0$. Se măsoară curentul $\bar{I}_2$ care trece prin această sursă precum și tensiunea $\bar{U}_0$ la bornele ei.

Schema echivalentă a unei astfel de rețele este arătată în fig. 34 în cazul că $\bar{E}_h$ și $\bar{E}_d$ au aceeași frecvență.

Din fig. 34 se vede că în cazul cînd $\bar{\alpha}_{hd} = 0$ (rețea de cabluri) valoarea curentului $\bar{I}_0$ este dată de formula :

$$\bar{I}_0 = \frac{3\bar{U}_0}{\bar{Z}_h + \bar{Z}_{mh}} \cong \frac{3\bar{U}_0}{\bar{Z}_{mh}}. \qquad (28.3)$$

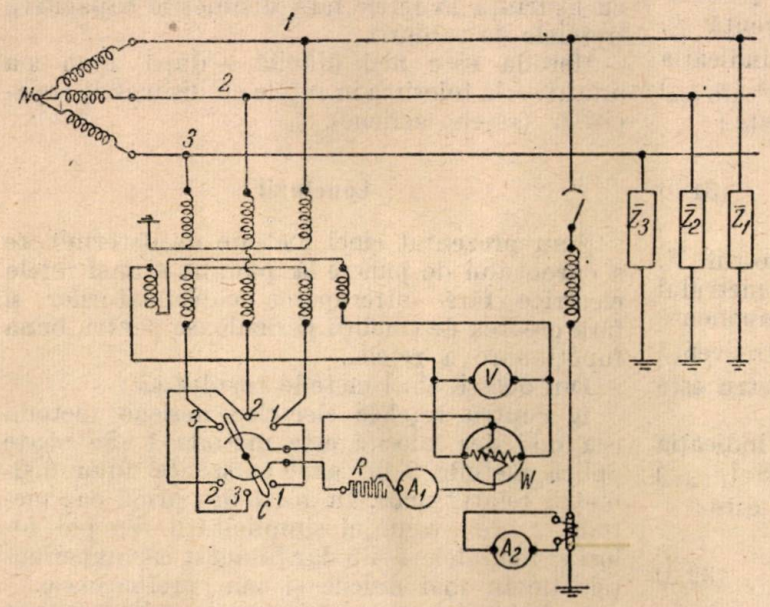


Fig. 31

și forța electromotoare perturbatoare $\bar{\alpha}_{hd}\,\bar{E}_d$ și curentul $\bar{I}_0$ este dat de relația :

$$\bar{I}_0 = \frac{\bar{E}_h + \bar{\alpha}_{hd}\,\bar{E}_d}{3\bar{Z}_0 + \bar{Z}_h + \bar{Z}_{mh}}. \qquad (30.3)$$

Cele două forțe electromotoare $\bar{E}_h$ și $\bar{\alpha}_{hd}\,\bar{E}_d$ pot fi de același ordin de mărime și deci trebuie ținut seama de influența termenului $\bar{\alpha}_{hd}\,\bar{E}_d$.

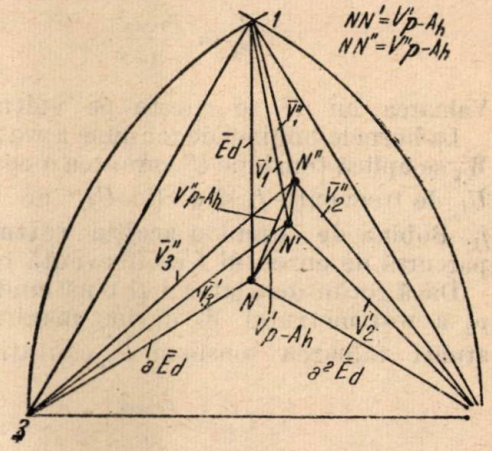


Fig. 32

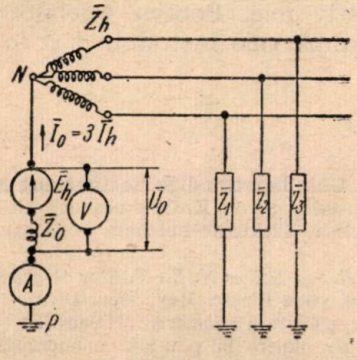


Fig. 33

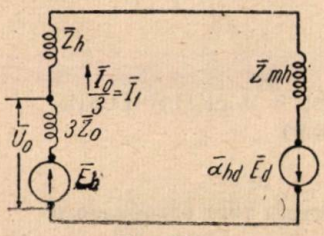


Fig. 34

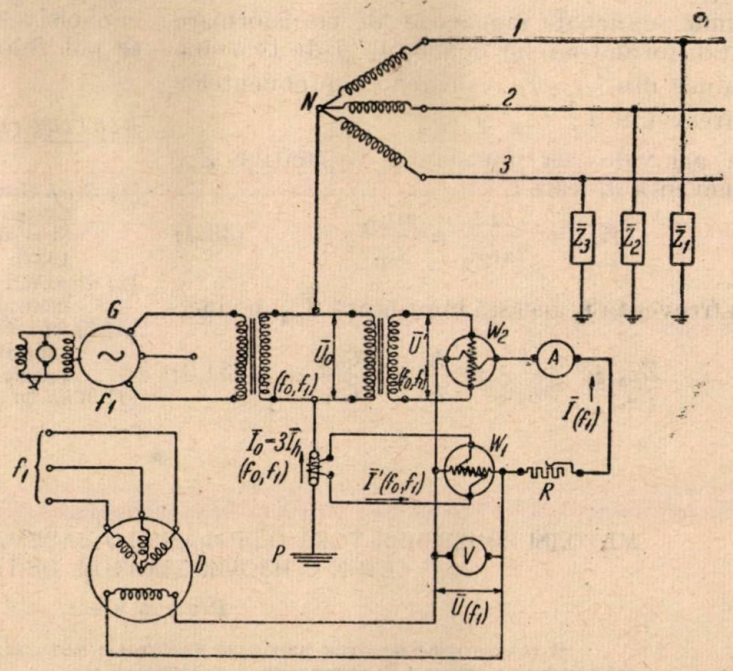


Fig. 35

Curentul de punere la pămînt este atunci

$$\bar{I}_p = \frac{3E_d}{Z_{mh}} = \frac{E_d}{U_0} I_0. \qquad (29.3)$$

In cazul rețelelor aeriene $\alpha_{hd} \neq 0$ deci pe lîngă forța electromotoare $\bar{E}_h$ mai apare în circuit

Pentru a elimina influența perturbatoare a acestui termen, se utilizează schema din fig. 35 unde G reprezintă un generator cu frecvență f_1 diferită de frecvența f_0 a rețelei și anume mai mică decît f_0 ($f_1 < f_0$). De exemplu $f_0 = 50$ Hz și $f_1 = 25$ Hz.

Atît tensiunea U_0 cît și curentul I_0 au componente atît de frecvența f_1 cît și frecvență f_0. Compo-

nentele de frecvență f_1 se separă și se determină cu ajutorul wattmetrelor W_1 și W_2, al voltmetrului V și ampermetrului A.

Intr-adevăr la bornele bobinei de tensiune a wattmetrului W_1 se aplică tensiunea U de frecvență f_1 și prin bobina de curent a wattmetrului W_1 trece curentul I', care are o componentă I'_{f_0} de frecvență f_0 și alta I'_{f_1} de frecvență f_1. Dacă rotim decalatorul D pînă cînd indicația p_1 a acestui wattmetru devine maximă ($p_{1\,max}$) atunci valoarea curentului I'_{f_1} căutat este:

$$I'_{f_1} = \frac{p_{1\,max}}{U}. \qquad (31.3)$$

Valoarea lui U se citește pe voltmetrul V.

La bornele bobinei de tensiune a wattmetrului W_2 se aplică tensiune U' care area o componentă U'_{f_0} de frecvență f_0 și o alta U'_{f_1} de frecvență f_1. Bobina de curent a acestui wattmetru este parcursă de curentul I de frecvență f_1.

Dacă rotim decalatorul D pînă cînd indicația p_2 a wattmetrului W_2 devine maximă ($p_{2\,max}$) atunci valoarea tensiunii U'_{f_1} căutată este:

$$U'_{f_1} = \frac{p_{2\,max}}{I}. \qquad (32.3)$$

Valoarea curentului I se citește la ampermetrul A.

Tinînd seama de rapoartele de transformare ale transformatoarelor de curent și de tensiune se deduce din U'_{f_1} și I'_{f_1} valoarea componentelor de frecvență f_1, U_{0f1} și I_{0f_1}.

De aci valoarea impedanței capacitive $\bar{Z}_{mh}$ la frecvență f_1 este:

$$Z_{\substack{mh \\ f=f_1}} = \frac{1}{2\pi f_1 C_0} \simeq \frac{3U_{0f_1}}{I_{0f_1}}. \qquad (33.3)$$

La frecvența f_0 această impedanță $\bar{Z}_{mh}$ devine:

$$Z_{\substack{mh \\ f=f_0}} \cong \frac{1}{2\pi f_0 C_0} = \frac{f_1}{f_0} \times \frac{3U_{0f_1}}{I_{0f_1}}. \qquad (34.3)$$

Curentul de punere la pămînt I_p se calculează atunci cu formula:

$$I_p = \frac{3E_d}{Z_{mh}} = \frac{E_d}{U_{0f1}} \times I_{0f1} \times \frac{f_0}{f_1}. \qquad (35.3)$$

Domeniul de aplicare. Metoda se poate aplica cu ușurință la rețele fără disimetrie capacitivă (rețelele de cabluri).

Metoda este mai dificilă — după cum s-a arătat — la folosirea în rețele cu disimetrie capacitivă (rețele aeriene).

Concluzii

S-au prezentat cinci metode de determinare a curentului de punere la pămînt a unei rețele electrice fără întreruperea consumatorilor și fără crearea de condiții periculoase pentru buna funcționare a rețelei.

Din aceste cinci metode rezultă că:

1. Pentru rețelele electrice aeriene metoda cea mai des folosită este metoda 1. Se poate aplica metoda 2 în cazul existenței unor disimetrii relativ mari. In acest din urmă caz metoda 2 are avantajul simplicității. Se pot folosi și metodele 4 și 5 dar în acest caz experiențele devin mai dificile și mai pretențioase.

2. Pentru rețelele electrice în cablu, se pot folosi numai metodele 3, 4 și 5. Metoda 3 este indicată pentru rețele de cabluri cu un curent capacitiv relativ mic. Pentru celelalte cazuri se pot folosi după voie metodele 4 și 5.

Bibliografie

[1] *Erich Gross.*: Uber die ertsmalige Bestimmung der günstigsten Einstellung von Erdschlusspulen. Buletin des Scweizerischen Elektrotechnichen Vereins, Nr. 8 1937)

[2] *Burkhart J. R.*: și *Dillow N. E.*: Tuning of ground fault neutralizers, (Gen Electr. Rev, Dec, 1949).

[3] *Spirin A. A.* -i *C. V. Vecihaizer.*: Măsurarea curenților capacitivi de punere la pămînt monopolară în sistemele cu neutrul izolat. Electricitatea, nr. 10/1952

[4] *Wilhelm R.*: Das Erdschlussproblem.

★

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Резюме

В статье описываются наиболее известные методы измерения тока однофазного заземления в сетях с изолированной нейтралью.

До описания методов даются схемы для некоторых характерных случаев работы сетей, некоторые из них будучи разработанны автором.

Затем описываются некоторые методы измерения токов заземления среди которых один предложенный автором и указывается их область применения.

Cercetări pentru mărirea capacităţii de trecere a unei galerii de deviere*)

Dr. ing. PAUL WISNER

Se descriu fazele principale ale încercărilor pe modele făcute pentru o galerie de deviere pe un şantier hidrotehnic. Cercetarea prezentată arată importanţa dimensionării corecte a pragului accelerator pentru asigurarea scurgerii cu nivel liber în zona intrării galeriei. Se propune verificarea acestei căderi pe baza bilanţului energetic prin introducerea coeficienţilor de corecţie stabiliţi experimental la conductele scurte de sub terasamente. Se descrie o scurgere instabilă specifică—pragurilor acceleratoare subdimensionate, caracterizată prin existenţa a două regimuri de scurgere diferite pentru aceleaş condiţii geometrice.

In stadiul actual al cunoştinţelor noastre asupra hidraulicei construcţiilor o mare parte din problemele hidraulice puse proiectanţilor de uzini hidroelectrice pot fi rezolvate numai prin calcul. Există însă cazuri în care, deşi la anumite rezultate se poate ajunge numai pe cale teoretică, totuşi ipotezele simplificatoare ale calculului necesită şi o verificare experimentală. Folosind atunci încercările pe model, se recurge şi la toate avantajele acestora: posibilitatea studiului unui mare număr de variante, eliminare rapidă a soluţiilor necorespunzătoare, punerea în evidenţă a unora din aspectele neprevăzute şi adesea periculoase ale fenomenului cercetat, reducerea la minimum a cheltuelilor pe care le necesită adoptarea unui coeficient de siguranţă faţă de rezultatele calculului.

In lucrarea de faţă se prezintă exemplul unei cercetări făcute pentru o astfel de problemă, pusă de construirea uneia din uzinele noastre hidroelectrice. Incercările pe model descrise au fost făcute în 1954 în laboratorul Institutului de Mecanică Aplicată al Academiei R. P. R., condus de Prof. Dr. Ion D. Dumitrescu. membru corespondent al Academiei R.P.R. iar construirea modelului, măsurătorile şi calculele au fost făcute de un colectiv de tehnicieni şi ingineri ai Serviciului de Cercetări Hidraulice din I.S.P.E. Dintre aceştia trebuie menţionaţi pentru aportul adus ing. A. Mitric, ing. M. Colona care au făcut o parte din calculele preliminarii şi tehnicianul I. Burcus care a făcut cea mai mare parte din măsurători. Măsurătorile pe un canal cu panta variabilă amintite în par. III au fost făcute de ing. E. Răzvan, care le-a prezentat în altă parte.

I

Incercările pe model au avut drept obiect stabilirea modificărilor ce trebuiau aduse unei galerii provizorii de deviere, construite pe un rîu de munte în cadrul organizării unui şantier hidrotehnic, în vederea măririi capacităţii ei iniţiale de la debitul de construcţie de 80 m^3/s, la debitul catastrofal de 270 m^3/s.

Galeria provizorie era formată dintr-o tranşee de secţiune trapezoidală escavată în stîncă şi dintr-o boltă de beton de diametru ceva mai mare decît baza mare a tranşeei construită tocmai în vederea unei eventuale măriri ulterioare a secţiunii (fig. 1, *a*). Vederea în plan a galeriei este arătată în fig. 1, *c* în care se arată şi zona regularizării în amonte de intrare, mărginită de un zid de gardă executat pe o lungime destul de mare de la data începerii studiului. La intrarea în galerie era o zonă de acces cu pantă mai mare, denumită în unele lucrări din literatură „prag accelerator". Funcţiunea acestui prag accelerator constă în primul rînd în crearea unei energii suficiente la intrarea în galerie, pentru a asigura scurgerea cu nivel liber în interiorul acesteia. Căderea pragului accelerator al galeriei provizorii era de 3^{20} m, iar panta galeriei de deviere de $30/_{00}$.

Incercările urmau să stabilească următoarele:

1. Posibilitatea de a amenaja zone de acces şi regularizarea amonte astfel încît secţiunea mărită a galeriei să nu depăşească limitele din fig. 1, *b*.

2. In eventualitatea că aceste amenajări necesare pentru menţinerea regimului cu nivel liber ar fi fost prea costisitoare studierea orientativă a scurgerii forţate prin punerea galeriei sub presiune.

3. Recomandarea oricăror altor modificări constructive de natură a îmbunătăţi pentru un minim de cheltueli scurgerea în sectorul amonte al galeriei.

Consideraţii tehnico-economice impuneau în studiul modificărilor următoarele limite:

1. Supraînălţarea zidului de gardă existent de la intrare trebuia menţinută între 1—2 m.

2. Eventuala adîncire a intrării galeriei (vezi profilul transversal desenat întrerupt) trebuia să fie redusă la minim.

*) Articol publicat cu aprobarea conducerii Secţiei Hidrotchnice a Institutului de Mecanică Aplicată, căreia i se mulţumeşte pe această cale pentru organizarea condiţiilor de lucru şi sprijinul dat tot timpul cercetării.

2. Cota ieşirii din galerie era dată. Dealtfel ieşirea din galerie se făcea sub nivelul iniţial al

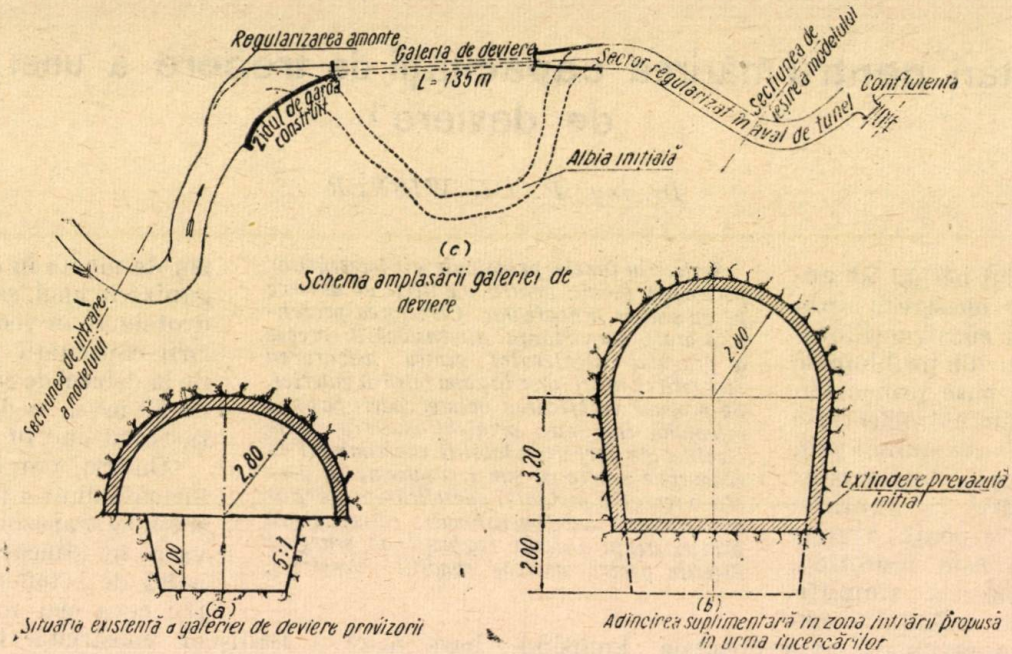


Fig. 1.
a – situaţia axistentă a galeriei de deviere provizorii; b – adîncirea suplimentară în zona intrării propusă în urma încercărilor; c – schema amplasării galeriei de deviere.

rîului pe un teren stîncos, considerat neerodabil.

II

Pentru a stabili programul de cercetări a fost necesar să se facă în prealabil o analiză a factorilor care determină capacitatea de trecere a galeriei, a căror influenţă urma să fie verificată pe model.

Calculele făcute au arătat că la panta de $30^0/_{00}$ proiectată, mărirea propusă a secţiunii galeriei (fig. 1, *b*) era suficientă pentru a asigura scurgerea liberă torenţială în interiorul acesteia. In schimb *capacitatea galeriei era limitată de condiţiile de intrare*, şi anume de faptul că energia disponibilă la întrare era mai mică decît energia minimă necesară pentru a asigura scurgerea în galerie.

Considerînd schema din fig. 2 observăm că energia disponibilă H_{id} la intrarea în galerie,

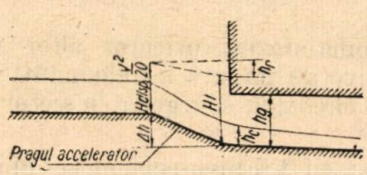


Fig. 2. Notaţii.

în ipoteza că scurgerea pe prag rămîne torenţială este dată relaţia :

$$H_{id} = H_o + \Delta_h - h_r \qquad (1)$$

unde : H_o este înălţimea energetică în secţiunea în care are loc ruperea de pantă (corespunzătoare în cazul studiat adîncimii critice);
Δ_h — căderea pragului accelerator;
h_r — pierderea de sarcină pe porţiunea de acces.

Pentru determinarea energiei minime necesare pentru a asigura scurgerea în galerie vom observa că teoretic aceasta corespunde cazului în care în galerie se formează adîncimea critică h_c căreia îi corespunde o secţiune ω_c

$$H_c = h_c + \alpha \frac{Q^2}{2g\ \omega_c^2} \qquad (2)$$

Cercetările făcute în U.R.S.S. de O. V. Andreev, A. A. Ughincis şi D. F. Konoulov pentru cazul conductelor scurte de evacuare de sub terasamente (fig. 3), au arătat că în realitate la intrarea în aceste conducte scurte se formează o adîncime ceva mai mică εh_c unde ε a fost determinat pentru cazul conductelor

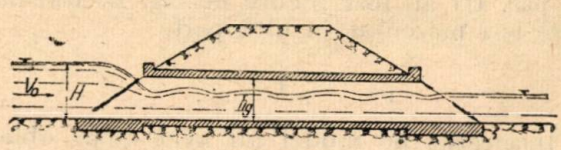


Fig. 3. Scurgere prin conducte scurte sub terasamente.

dreptunghiulare $\varepsilon = 0{,}9$. Presupunînd că introducerea pragului accelerator nu modifică această valoare şi că se poate neglija influenţa curburii suplimentare a firelor de curent introdusă de

prag, rezultă că valoarea reală a înălțimii energetice minime necesare este :

$$H_{ic} = \varepsilon h_o + \frac{Q^2}{\varphi^2 \omega_c'^2 2g} \qquad (3)$$

unde :

ω_c' este secțiunea corespunzătoare adîncimii critice reduse εh_o ;

φ — coeficientul de pierdere de sarcină corespunzător contracției de la intrare.

Putem deci admite că pentru a avea asigurată scurgerea liberă torențială în zona intrării trebuie satisfăcut următorul bilanț energetic.

$$H_{id} = H_o + \Delta_h - h_r \geqslant H_{ic} = \varepsilon h_c + \frac{Q^2}{\varphi^2 \omega_c'^2 2g} \qquad (4)$$

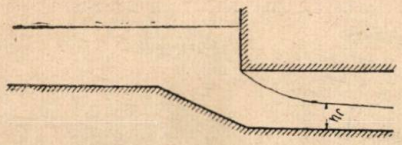


Fig. 4. Schema scurgerii semiforțate.

Dacă această condiție nu va fi satisfăcută, nivelul la intrarea în galerie va trebui să crească pînă se va asigura înălțimea energetică necesară iar scurgerea în zona de acces va deveni lentă. Adîncimea la intrare h_i va fi dată de relația :

$$h_i + \frac{Q^2}{\omega_i^2 2g} = \varepsilon h_c + \frac{Q^2}{\varphi^2 \omega_c'^2 2g} \qquad (5)$$

unde : ω_i este secțiunea corespunzătoare adîncimii h_i.

Relația de mai sus este valabilă atît timp cît $h_i < h_g$, unde h_g este înălțimea galeriei. Dacă nivelul apei depășește cota cheii bolții se produce o contracție suplimentară pe verticală, scurgerea putînd fi comparată cu cea care are loc pe sub o vană într-un jghiab înclinat. Acest tip de scurgere (fig. 4) denumit în literatura sovietică *„scurgere semiforțată"* necesită o energie mai mare decît cea precedentă, noua adîncime la intrare fiind dată de relația :

$$h_i + \frac{Q^2}{\omega_1^2 2g} = h_k + \frac{Q^2}{\varphi^2 \omega_k^2 2g} \qquad (6)$$

în care : h_k este adîncimea contractată ;

ω_k — secțiunea contractată. După experiențele amintite mai sus ale cercetătorilor sovietici ;

$\omega_k' = 0{,}62\ \omega g$, unde ωg este secțiunea totală a galeriei.

Datorită faptului că la galeria studiată intrarea se făcea în curbă precum și în urma prezenței undelor de staționare ce apar la schimbarea direcției scurgerii torențiale, calculul făcut de noi pe baza relațiilor 1—6 avea numai o valoare orientativă, ipotezele simplificatoare făcute necesitînd în general o verificare experimentală. Am considerat totuși că folosirea metodei de mai sus poate conduce la stabilirea direcției în care trebuie căutate modificările necesare ale galeriei existente.

Determinarea energiei disponibile și energiei necesare, precum și a adîncimilor respective s-a făcut printr-un calcul grafo-analitic cu ajutorul unui profil longitudinal al zonei de intrare pe care sînt trasate în fiecare profil diagramele corespunzătoare energiei specifice. In fig. 5, *a*

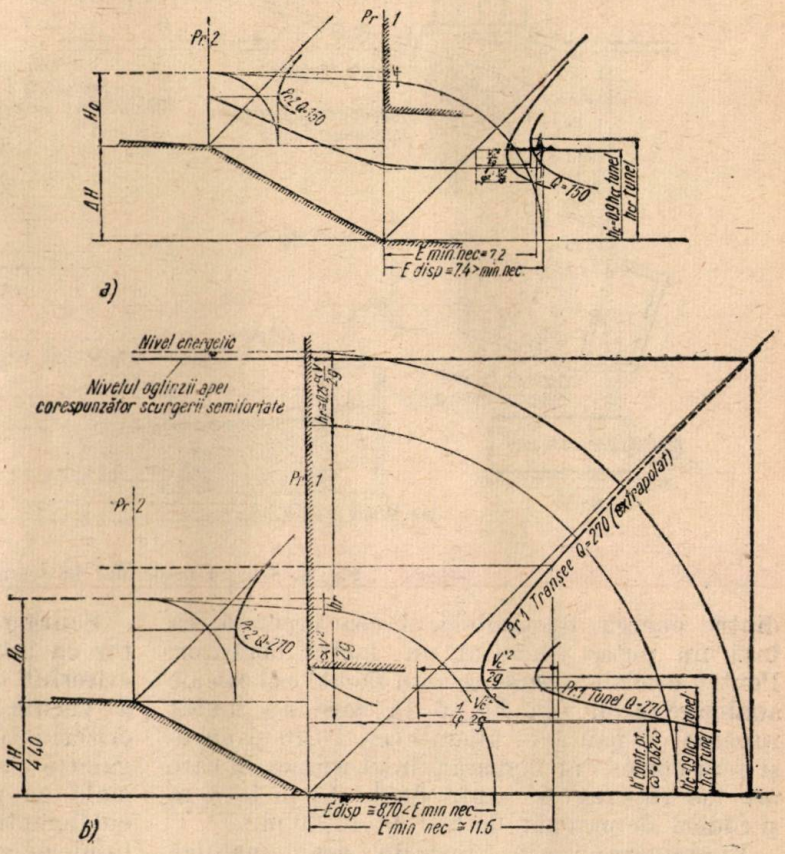


Fig. 5

a — calculul grafo-analitic al condițiilor de intrare în cazul scurgerii libere ; *b* — calculul grafo-analitic al condițiilor de intrare în cazul scurgerii semiforțate.

se arată un asemenea calcul făcut pentru debitul de 150 m³/s iar în fig. 5, *b*) pentru debitul maxim de 270 m³/s. Din diagramele respective rezultă că dacă la primul debit are loc scurgerea torențială în galerie, în schimb la cel de al doilea se va produce scurgerea semiforțată cu un nivel care depășește cu mult cota zidului de gardă executat.

Stabilirea unui bilanț energetic mai favorabil la intrarea în galerie se putea face pe una din căile următoare :

a) micșorarea pierderilor de sarcină pe porțiunea de acces prin reducerea rugozității și îmbunătățirea formei de racordare cu galeria ;

b) mutarea în amonte a secțiunii în care are loc ruperea de pantă, combinată cu reducerea pierderilor de sarcină pentru a cîștiga diferența de energie datorită ridicării fundului;

c) îngustarea regularizării în amonte de secțiunea în care are loc ruperea de pantă (energia specifică corespunzătoare adîncimii critice crește cu îngustarea);

d) Adîncirea intrării în galerie, care realizează în același timp micșorarea energiei minime necesare prin mărirea secțiunii de intrare.

Reducerea pierderii locale nu se putea studia decît experimental. Datorită diferenței mari dintre energia disponibilă și cea necesară, ea însă nu putea constitui un factor hotărîtor. Pentru celelalte elemente s-au făcut însă calcule analoage celor din fig. 6 în care s-a mutat ruperea de pantă în amonte cu 20,40 și 60 m și s-au considerat îngustări în secțiunea în care are loc ruperea de pantă de la 16 m la 8 m și căderi ale pragului de la 4,40—7,60 m.

Examinarea prin metoda grafo-analitică din fig. 5 *a* diferitelor combinații între variantele de mai sus ne-a arătat că efectul cel cel mai favorabil îl are tocmai mărirea căderii pragului care era în ordinea preferinței constructive ultimul factor care trebuia luat în considerație. Această concluzie a fost verificată experimental, căutîndu-se a se acționa asupra celorlalți factori astfel ca să se reducă la minimum căderea suplimentară ce trebuie dată pragului accelerator.

II

Studiul experimental a fost făcut pe model la scara 1 : 50 a cărui schemă este arătată în fig. 6. Porțiunea modelată cuprindea în afara galeriei propriuzise și cîte o zonă de 200 m amonte și 150 m aval de aceasta. Albia rîului a fost modelată cu fund fix. Debitele au fost măsurate cu ajutorul unui rezervor de măsură cu deversor triunghiular, iar nivelele cu un ac de măsură.

Modelul galeriei propriu-zise realizat din tablă de zinc permitea modificarea rapidă a secțiunii și pantei prin introducerea unor pene de lemn în interior. Scurgerea în interiorul galeriei se putea observa prin ferestre de plexiglas construite la partea sa superioară.

Pentru studiul undelor staționare din galerie s-a prevăzut înlocuirea acesteia cu un jghiab deschis avînd aproximativ aceeași secțiune.

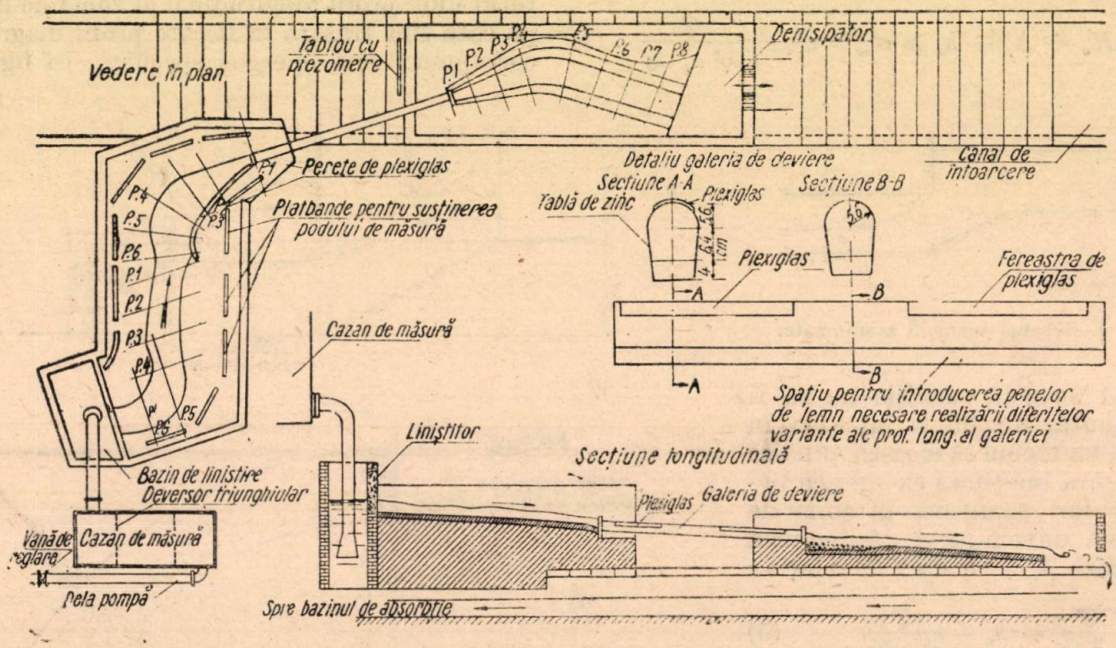


Fig. 6. Schema modelului la scara 1 : 50.

Scurgerea în zona de intrare are același caracter ca într-o lucrare scurtă, așa că s-a aplicat criteriul de similitudine al lui Froude. Pentru a verifica posibilitatea de folosire a acestui criteriu și pentru scurgerea cu nivel liber din galerie s-au făcut încercări pe o instalație specială cu panta variabilă pentru determinarea coeficientului de pierderi de sarcină a modelului acesteia. Aceste încercări au arătat că scurgerea pe model este turbulent netedă avînd pentru numărul Reynolds corespunzător debitului de calcul $\lambda = 0{,}015$ (rămînînd valabile rezultatele obținute de Zegjda pentru canale largi). Intrucît pentru betonul sclivisit din natură cu asperitatea echivalentă $\Delta = 0{,}65$ mm și scurgerea turbulent rugoasă reeșea după formulele Zegjda Nikuradse o valoarea $\lambda = 0{,}014$ s-a considerat că scara este suficient de mare pentru a avea asigurată similitudinea celor două scurgeri. După terminarea încercărilor preliminarii pentru stabilirea rugozității modelului s-a trecut la încercările propriu-zise care au fost făcute pe serii după cum urmează:

S e r i a I. **Incercări pentru stabilirea căderii minime a pragului accelerator care asigură scurgerea liberă.** S-au încercat succesiv praguri

avînd o cădere de 4^{40}, 5^{40}, 6^{40} m verificîndu-se pentru fiecare din ele care este influența unei modificări a formei pragului și a regularizării

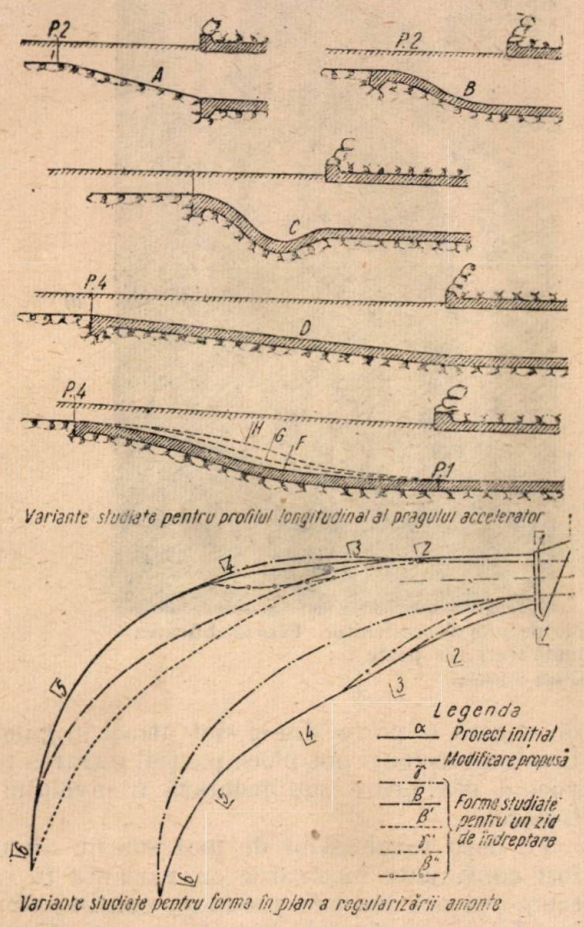


Fig. 7. Schema principalelor variante studiate pentru zona intrării în galerie.

în zona de intrare. Variantele principale ale formei în plan și ale profilului longitudinal studiate în această serie de experiențe sînt numai rezultatele principale ale acestei serii de încercări:

a) Pentru căderea inițială propusă de 4,40 m nu a fost asigurată scurgerea cu nivel liber la nici una din amenajările studiate pentru zona de acces. Așa cum se vede în fotografia din fig. 8 intrarea în galerie rămînea înecată, cota coronamentului zidului de gardă fiind depășită cu 8 m în cazul scurgerii semiforțate. S-a constatat că se putea forma și o scurgere forțată instabilă la care depășirea era de 4 m.

b) Pentru a asigura scurgerea cu nivel liber căderea pragului trebuia mărită pînă cel puțin la 6,4 m. Adîncirea corespunzătoare a galeriei cu 2 m față de cea propusă inițial (fig. 1, *b*) asigura la limită îndeplinirea condiției (1). S-a putut constata că la această cădere limită a pragului pentru unele din variantele studiate pentru forma în plan și în profil a zonei de acces, scurgerea liberă nu era stabilă. Provocînd în mod artificial un salt la intrarea în galerie de ex. printr-un flotant așezat transversal s-a constatat că saltul nu dispărea după înlăturarea cauzei care l-a produs (fig. 9).

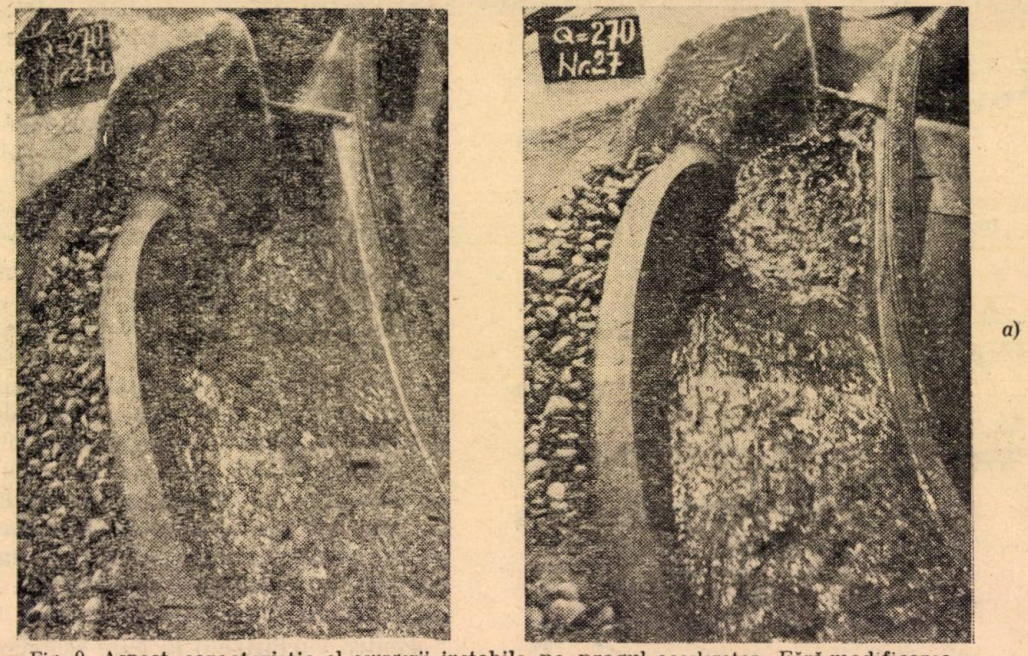
Pentru variantele la care scurgerea liberă era asigurată s-a putut constata că nivelele la debit maxim nu depășeau coronamentul zidului de gardă existent.

S e r i a II. **Încercări pentru compararea devierii cu nivel liber cu variantele în care galeria este pusă sub presiune.** Aceste încercări au fost făcute întrucît adîncirea cu 2 m a galeriei în zona de intrare pentru limita propusă inițial prezenta o serie de dificultăți constructive. Punerea sub presiune a galeriei se făcea limitînd adîncirea la cea propusă inițial și împiedicînd formarea scurgerii semiforțate prin construirea unei danaide la intrare. Încercările făcute cu această variantă au arătat că *nivelele la intrare depășeau cota zidului de gardă de la intrare cu 3,5 m*, depășind limita arătată în par. I. Spre deose-

Fig. 8. Îmbunătățirea condițiilor de scurgere prin mărirea căderii pragului accelerator.
a — scurgere semiforțată la pragul accelerator inițial de 4,40 m; *b* — scurgere (soluția recomandată) liberă pe pragul accelerator adîncit cu doi metri.

arătate în fig. 7. Fără a mai prezenta rezultatele fiecăreia din cele 20 experiențe vom da bire de cazul în care era asigurată scurgerea torențială peste pragul accelerator, prin punerea

sub presiune a galeriei, regimul rîului era modificat pe o lungime foarte mare în amonte, producîndu-se creşterea nivelelor ceea ce avea drept urmare reducerea forţei de tîrîre. Materialul mobil, care în cazul scurgerii libere era transportat pe model în tot lungul regularizării amonte şi apoi prin galerie se depunea în cazul scurgerii forţate în zona intrării, putînd conduce în cazul unei viituri la colmatarea rapidă a acestei zone. Deşi proectanţii au luat măsuri pentru oprirea flotanţilor pe mai multe greble amplasate în sectorul amonte al rîului, s-a făcut o comparare, desigur calitativă, a trecerii flotanţilor în cazul scurgerii cu nivel liber şi în cazul celei forţate (fig. 10). A reeşit că pentru scurgerea cu nivel liber direcţia curentului este favorabilă dirijării axiale a flotanţilor spre intrare. In schimb, în cazul scurgerii forţate flotanţii se strîng deasupra intrării. Prin efectul de sugere o parte din ei sînt atraşi în galerie, în schimb ceilalţi pot bloca parţial intrarea provocînd o ridicare suplimentară a nivelului la intrare.

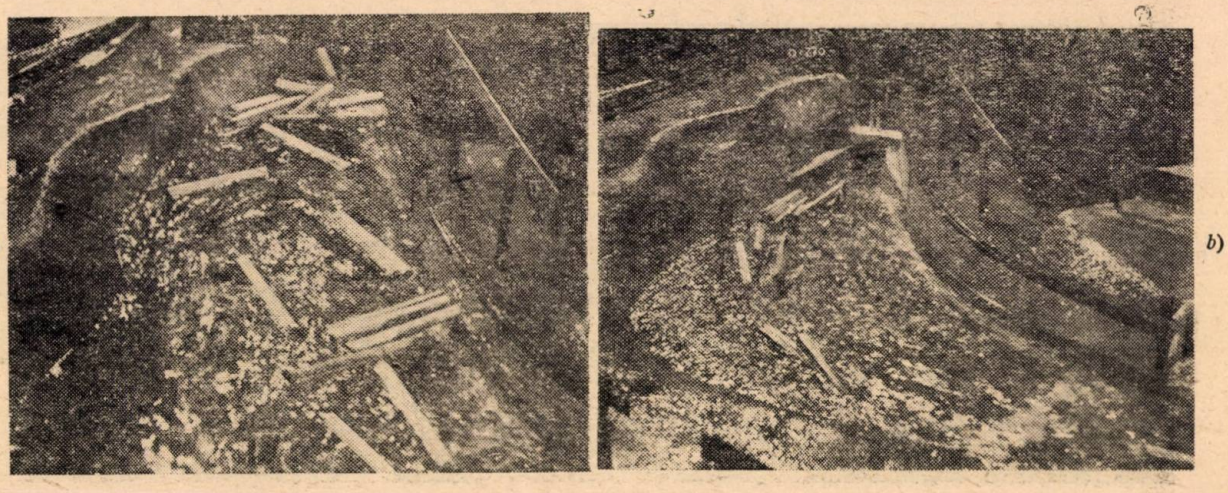


b) a)

Fig. 9. Aspect caracteristic al scurgerii instabile pe pragul accelerator. Fără modificarea geometriei şi condiţiilor la limită scurgerea poate fi :
a – torenţială; b – cu salt hidraulic.

Pe baza rezultatelor de mai sus nu au mai fost continuate încercările cu varianta în care scurgerea are loc sub presiune, continuîndu-se în schimb experienţele în vederea perfecţionării soluţiei în care scurgerea se făcea torenţial peste pragul accelerator.

S e r i a III. **Incercări pentru definitivarea proiectului de mărire a capacităţii galeriei.** Toate încercările din această serie s-au făcut pentru cazul în care căderea pragului accelerator era de 6,40 m. In primul rînd s-a determinat forma



a) b)

Fig. 10. Incercările calitative asupra trecerii flotanţiilor prin galeria de deviere :
a – intrarea pusă sub presiunea cu pragul accelerator neadîncit; b — scurgere cu nivel liber cu pragul accelerator adîncit.

profilului longitudinal al pragului accelerator. S-a observat că formele de tip F din fig. 7 în care schimbarea de pantă se face treptat sînt avantajoase prin aceea că ele coboară nivelele în zona de intrare. Necesită totuş o îngustare prea mare pentru a avea asigurată stabilitatea.

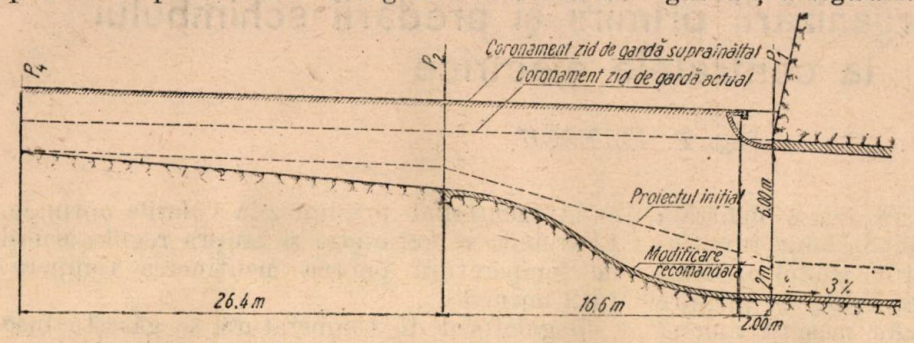


Fig. 11. Soluţia recomandată a formei întrării în galerii stabilită în urma încercărilor pemodel

Din această cauză s-a ajuns la o formă intermediară arătată în fig. 11 în comparaţie cu cea propusă iniţial.

Forma în plan a racordării zidurilor de gardă cu galeria a fost aleasă astfel încît să fie redusă la minimum denivelarea undelor staţionare ce se formau în scurgerea instabilă din galerie. Pentru a observa mai bine influenţa acestei forme asupra denivelărilor s-a înlocuit galeria cu un jghiab deschis. Forma finală la care s-a ajuns, şi aspectul scurgerii în varianta finală propusă în urma încercărilor este arătată în fotografia din fig. 8, *b* care se poate compara cu cea din fig. 8 *a* corespunzătoare propunerii iniţiale de la care au plecat încercările.

In ultima parte a experienţelor din această serie s-a determinat profilul longitudinal al galeriei care să asigure scurgerea torenţială, fără salt hidraulic în interiorul galeriei cu minimum de escavaţii suplimentare. După studiul a 5 variante s-a ajuns la forma din fig. 14 a cărei

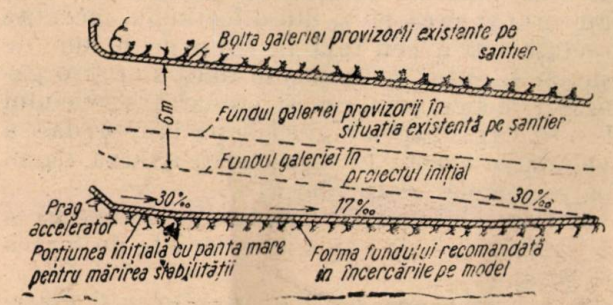


Fig. 12. Realizarea profilului longitudinal al galeriei de deviere.

principală caracteristică este menţinerea unui tronson cu pantă mai mare pe o lungime de 15 m la începutul galeriei care s-a dovedit a avea o influenţă favorabilă asupra stabilităţii scurgerii torenţiale la capătul pragului.

Dintre celelalte rezultate pe care le-au adus încercările vom mai menţiona faptul că ele au pus în evidenţă şi pericolul greu de prevăzut iniţial de inundare al platformei lucrării construite în vechea albie a rîului, prin cotul situat în amonte de capătul zidului de gardă. In acest cot se producea o denivelare mare a apei, care inundă malul drept. Apa se scurge ocolind zidul de gardă, către vechea albie la debitul de 130 m^3/s mult mai mic decît cel de calcul ($270 m^2/s$). S-a arătat pe model că prelungirea zidului de gardă şi a regularzării în amonte pentru a evita acest pericol ar trebui făcut pe o lungime prea mare şi în consecinţă s-a închis platforma cu un stăvilar aşezat pe malul drept.

Concluzii. Incercările făcute au permis stabilirea pentru proiectare a unor serii de elemente care nu s-ar fi putut face pe cale teoretică cum ar fi forma în plan a intrării, profilul longitudinal al zonei de acces care să asigure scurgerea cea mai stabilă pentru căderea minimă a pragului accelerator, etc.

Ele au pus în evidenţă fenomene hidraulice neprevăzute iniţial şi a căror neglijare ar fi putut avea urmări destul de grave, cum ar fi : posibilitatea de inundare prin curba rîului amonte de regularizarea de la intrare şi schimbarea regimului de scurgere la o cădere prea mică a pragului accelerator. Incercările au condus şi la o serie de concluzii cu caracter mai general, putînd fi folosite şi la alte lucrări similare.

1. Galeriile de deviere pe rîurile cu transport important de debit solid sau cu flotanţi trebuie proiectate în vederea asigurării scurgerii cu nivel liber.

2. Dintre factorii care asigură scurgerea cu un nivel liber la intrarea în galerie cel mai important este dimensionarea corectă a căderii pragului accelerator.

3. Pentru determinarea acestei căderi se poate folosi metoda aproximativă propusă în paragraful II bazată pe studiul bilanţului energetic în zona intrării şi pe admiterea coeficienţilor de corecţie folosiţi în cazul conductelor scurte de sub terasamente.

4. Subdimensionarea pragului accelerator poate conduce la un regim de scurgere instabil, care după cunoştinţa noastră nu a fost observat la alte tipuri de construcţie. In cazul acestui regim hidraulic fără a se modifica condiţiile geometrice pot totuşi apare două feluri de scurgere complet deosebite una de alta.

Interesul hidraulic pe care îl prezintă fenomenele de scurgere pe pragul accelerator a condus la reluarea studiului acestora pe un model schematic care să permită o mai mare posibilitate de variere a condiţiilor experimentale, precum şi verificarea cantitativă mai precisă a metodei de dimensionare. Intrucît scopul principal al acestui articol a fost de a prezenta mersul şi metodele folosite la o încercare pe model cu caracter industrial vom expune rezultatele obţinute pe modelul schematic în cadrul altei lucrări.

Importanţa organizării primirii şi predării schimbului la centralele electrice

Ing. T. ILIESCU

Luarea serviciului de tură într-o centrală electrică are un rol important în buna funcţionare a centralelor electrice; de modul ordonat şi conştiincios în care se face luarea în primire a schimbului depinde în mare măsură mersul sigur şi economic al centralei.

O serie de deranjamente se pot evita dacă conducerea centralei organizează şi ridică munca de primire — predare a serviciului de tură la nivelul tehnic necesar funcţionării continue a centralelor electrice.

In cele ce urmează vom da două exemple de astfel de deranjamente din centralele noastre şi măsurile necesare pentru evitarea lor prin buna organizare a preluării schimbului.

Exemplul 1. Alimentarea cu apă a cazanelor se face prin electropompele disponibile, rezerva în pompe de alimentare fiind asigurată prin două turbopompe. La un moment dat apare o defecţiune la echipamentul electric al unei pompe, din care cauză pompa este scoasă din funcţiune. Personalul de exploatare face normal manevrele de pornire a unei turbopompe. Cînd a ajuns la ultima manevră şi anume la deschiderea ventilului de la refularea pompei, constată lipsa furcii cu ajutorul căreia se manevrează ventilele mari. Pînă să găsească la alt loc de muncă o furcă, se consumă rezerva de apă din boilerele cazanelor. Concomitent se face şi greşala de a întîrzia reducerea sarcinii pe centrală la valoarea corespunzătoare pompelor de alimentare ce rămas seră în funcţiune şi acest lucru duce mai departe la oprirea a două cazane, ajungîndu-se la nivelul minim în boilere.

Analizînd acest exemplu s-a văzut că lipsa furcii a fost principala cauză a dezvoltării deranjamentului.

In instrucţiunile pentru realizarea mersului sigur se arată că platforma de deservire a pompelor de alimentare trebuie să fie dotată printre altele şi cu două furci pentru manevra ventilelor mari. Dacă aceste furci lipsesc înseamnă că nu s-a organizat bine primirea şi predarea schimbului, că nu s-a impus un regim sever de controale asupra instalaţiilor, parametrilor de exploatare, sculelor, aparatelor şi materialelor ce urmează să fie luate în primire.

Exemplul 2. Un cazan funcţionează cu parametrii normali. La un moment dat apare din reţea o variaţie de sarcină, care descarcă brusc cazanul la jumătate din sarcină. Fochistul respectiv acţionează corect asupra focului, menţinînd presiunea la valorile normale. El trebuie să acţioneze şi asupra regulatorului de temperatură pentru menţinerea temperaturii normale.

Regulatorul de temperatură se găseşte însă la distanţă mare pe platforma de deservire a cazanului; cablul electric de comandă al servomotorului este însă defect de aproape o săptămînă, din care cauză reglajul trebuie făcut de la faţa locului. Acest lucru întîrzie manevra şi temperatura creştere pentru scurt timp cu 60°C peste valoarea normală, ceea ce este inadmisibil.

Analizîndu-se diagrama temperaturilor cazanului, se constată că de cînd s-a defectat comanda la distanţă a regulatorului de temperatură, cazanul a funcţionat cu o temperatură foarte neregulată a aburului supraîncălzit, avînd şi cîteva depăşiri nepermise. Una din cauzele, care pot duce la această situaţie, constă în lipsa modului organizat de luare în primire a schimbului. Cu o asemenea defecţiune, schimbul nu trebuie să ia în primire instalaţia decît cu aprobarea conducerii secţiei care, cunoscînd defecţiunile, se îngrijeşte ca în termenul cel mai scurt posibil să pună în ordine instalaţia.

Importanţa preluării schimbului în cele mai bune condiţii se poate vedea şi din faptul că circa 70% din defecţiunile mari (avarii şi deranjamente) şi circa 90% din difecţiunile mărunte produse într-o centrală în timp de 6 luni de zile, ar fi putut fi prevenite dacă s-ar fi organizat temeinic primirea şi predarea serviciului de tură. Organizarea muncii de primire-predare a schimbului constă în respectarea cîtorva reguli foarte simple, cum sînt:

1. Controlul instalaţiilor, locului de muncă şi al parametrilor de exploatare înainte de luarea în primire.

2. Inventarierea sculelor aparatelor şi materialelor aferente locului respectiv de muncă, înainte de luarea în primire.

3. Serviciul nu se ia în primire decît cu aprobarea conducerii secţiei, atunci cînd nu corespund condiţiile materiale esenţiale sau parametrii de exploatare principali.

4. Raportarea către şeful erarhic imediat superior, după luarea în primire.

5. Aceste reguli pot fi puse în aplicare, dacă la fiecare loc de muncă se cunoaşte temeinic şi se respectă următoarele:

a) delimitarea precisă a instalaţiei pe fiecare loc de muncă;

b) care sînt sculele, aparatele și materialele, date pe inventarul locului de muncă;

c) care sînt instalațiile care trebuie controlate în mod special, la luarea în primire;

d) ce parametrii de exploatare trebuie verificați;

e) cum se procedează cînd nu sosește schimbul nou;

f) ce și cînd raportează șefului ierarhic;

g) cînd nu se preia serviciul; în acest caz, pe cine anunță și cine poate dispune luarea serviciului, cînd există abateri.

In cele ce urmează se arată sub forma de exemplu în ce cazuri nu trebuie să se ia serviciul în primire, în instalațiile de cazane.

— dacă nu sînt în ordine toate sticlele de nivel și indicatoarele de nivel, la distanță;

— dacă nu funcționează debitmetrul de apă sau abur;

— dacă schema de alimentare cu apă nu este conform cu normativul;

— dacă lipsește controlul presiunii și temperaturii aburului supraîncălzit;

— dacă lagărele agregatelor auxiliare sînt calde sau acestea prezintă vre-o defecțiune;

— dacă nu funcționează vre-o comandă de la distanță;

— dacă instalația de combustibil lichid este congelată;

— dacă sînt depășiți parametrii principali ai aburului: presiunea sau temperatura;

— dacă zgura și cenușa nu sînt evacuate din cenușare;

— dacă nu sînt înregistrate, în registrul defectelor, toate defecțiunile existente;

Dacă cei doi șefi de tură, predător și primitor nu reușesc să remedieze singuri defecțiunile existente la predarea schimbului, se anunță maistrul șef de exploatare. Acesta poate dispune preluarea schimbului, avînd însă obligația să întreprindă acțiunile necesare pentru intrarea în normal.

Dacă există pericol de accidentare trebuie să se precizeze că serviciul nu va putea fi preluat decît numai cu aprobarea șefului secției și a responsabilului tehnic al centralei electrice respective.

Toate controalele premergătoare luării în primire a schimbului, trebuie executate înainte de ora stabilită pentru schimb.

Hotărîtor la aplicarea măsurilor preconizate pentru luarea în primire a serviciului de tură, este controlarea pe teren de către conducerea tehnică a centralei. Există tendința de a se trata cu multă superficialitate această muncă, de către personalul de exploatare, și aceasta datorită în primul rînd faptului că muncitorilor nu li s-a arătat importanța preluării serviciului și în al doilea rînd controlul slab din partea conducerii.

Conducerile centralelor electrice, tratînd această problemă la nivelul tehnic și organizatoric pe care îl impun sarcinile de stat care stau în fața centralelelor electrice, vor obține cu siguranță frumoase succese în muncă.

Metodologia planificării producţiei de energie electrică

Ing. A. PETRESCU

Energetica este poate prima din ramurile economiei naţionale, în care sub o formă mai mult sau mai puţin obiectivă, a existat întotdeauna o activitate de planificare. Această activitate este rezultatul caracteristicilor acestei ramuri economice, care i-au impus să cunoască, să cerceteze şi să prevadă dezvoltarea viitoare, pentru a lua din timp măsurile necesare asigurării continui a alimentării cu energie electrică a consumatorilor.

Intr-adevăr, prima caracteristică a energiei electrice este că nu se poate acumula, ea urmînd a fi produsă în momentul în care se consumă şi după curbele de încărcare ale consumatorilor racordaţi.

Pentru a-şi putea îndeplini rolul, economia electrică trebuie să aibă instalaţiile în mod continuu în bună stare de funcţionare, suficient de larg dimensionate şi întreţinute, iar funcţionarea lor judicios planificată.

A doua caracteristică a energeticei şi în special a energiei electrice, este că orice modificare în activitatea industriilor consumatoare şi orice variaţii de consum datorită influenţelor sezoniere, se repercutează instantaneu şi automat asupra producţiei. Din aceste motive în planul energiei electrice trebuie să se ţină seama de aceste repercusiuni, pentru a se putea stabili din timp măsurile de luat pentru satisfacerea cererilor mărite sau pentru folosirea în scopuri utile ale energiei electrice, rămasă uneori disponibilă.

A treia caracteristică reiese imediat din diagrama de încărcare a unei centrale de distribuţie publică, care prezintă mari variaţii în curs de 24 ore, aceste diagrame diferind de la zi la zi şi de la lună la lună. In general însă ele păstrează aceeaşi alură : două vîrfuri de valori inegale la anumite ore din zi, care se deplasează după anotimpuri, şi un gol pronunţat în timpul nopţii.

Aceste diagrame suprapuse în cursul celor 365 zile ale anului, formează aşa numitul munte energetic, care prezintă piscuri şi văi şi care redă în mod fizic condiţiile dezavantajoase, în care are loc producţia de energie electrică. In economia planificată, toate rezervele constituite de văile acestui munte energetic, în care instalaţiile nu funcţionează în plin, iar unele nu funcţionează între anumite ore deloc, trebuie utilizate la maximum admisibil. Această situaţie are repercusiuni asupra preţului de cost care este cu atît mai mare, cu cît volumul golurilor este mai important decît volumul plinurilor. Măsurile de raţionalizare care se iau, nu sînt decît o planificare a puterilor cerute de consumatori. Aplatizarea curbelor de consum reprezintă efectele acestei planificări. Bineînţeles că anumite consumuri de energie nu vor putea fi deplasate. Astfel puterea cerută pentru iluminat în timpul iernii, va fi întotdeauna mai mare şi va dura mai multe ore decît în timpul verii. Dar acest vîrf care începe la o anumită oră, va avea o influenţă mult mai mică, dacă se va suprapune peste o curbă aplatizată prin planificarea justă a vîrfurilor cerute de celelalte utilizări ale energiei electrice.

A patra caracteristică a economiei electrice este că necesită un personal foarte calificat, neavînd în general decît munci de specialitate, care nu se pot executa decît de un personal bine şi îndelung instruit.

O planificare justă a pregătirii forţelor de muncă, este deci indispensabilă.

Articolul de faţă nu va atinge aspectul planificării de perspectivă, care constituie o problemă în sine, ci se va ocupa de planificarea producţiei de energie electrică, care se face uzual în cadrul planurilor de Stat.

Ca atare, se va expune metodologia de planificare şi modul cum se ţine seama de caracteristicile economiei electrice şi de obiectivele pe care le urmăreşte.

Această metodologie cuprinde două părţi distincte şi anume :

— metoda de planificare ;

— metoda de urmărire a realizării planurilor şi de analiză a rezultatelor.

I. Metoda de planificare

Planificarea producţiei energiei electrice cuprinde următoarele operaţiuni :

1. *Determinarea capacităţilor de producţie a centralelor electrice.* Pentru a putea planifica judicios producţia de energie a fiecărei centrale, este necesar să se determine în prealabil capacitatea sa de producţie. In acest scop se utilizează următoarea metodă :

Se stabileşte la fiecare centrală în parte puterile instalate şi disponibile din anul de plan, care sînt determinate în conformitate cu standardul de Stat.

Se planifică în prealabil reparaţiile capitale şi curente la instalaţiile de producere din centrală (grupuri electrogene, cazane, pompe etc.).

Se întocmeşte apoi o diagramă care are în abscisă lunile anului şi în ordonată puterea centralei respective. Pe această diagramă sînt trasate puterea instalată, puterea disponibilă şi puterea utilizabilă a centralei (fig. 1). Această din urmă putere se obţine scăzînd din puterea disponibilă puterile în reparaţie curentă, res-

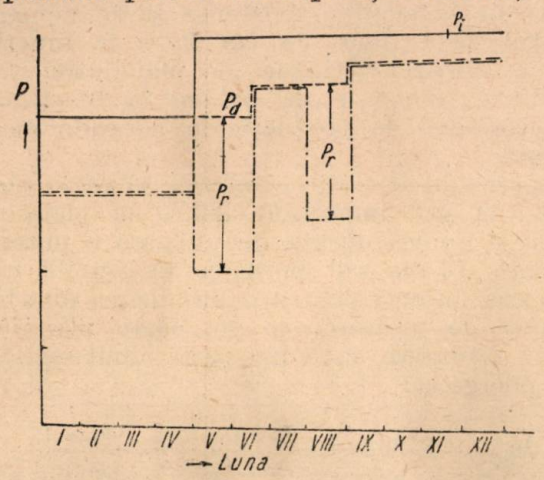


Fig. 1 Diagrama anuală a puterilor unei centrale electrice
Pi—putere instalată; *Pd*—putere disponibilă; *Pu*—putere utilizabilă; *Pv*—putere în reparaţie.

pectiv în reparaţie capitală. In cazul centralelor hidroelectrice, se ţine seama şi de debitul din epoca considerată. Puterile utilizabile înmulţite cu timpul în ore, în care au loc, conduc, prin însumarea lor, la stabilirea capacităţii teoretice de producţie a centralei respective pentru anul de plan.

Din această capacitate teoretică se scade acea parte din capacitatea de producţie care se pierde din cauza întreţinerii curente. Pentru fiecare centrală în parte, ţinînd seama de vechimea şi starea ei de uzură, se stabileşte coeficientul de pierdere de capacitate. Se observă că pierderile de capacitate sînt mai mari acolo unde grupurile au fost prost întreţinute, sînt mai uzate şi unde sînt strangulări de abur. La centralele hidroelectrice se ia în general drept capacitate de producţie, producţia centralei dintr-un an cu ploi medii. Diferenţa dintre capacitatea de producţie teoretică şi pierderile de capacitate arătate mai sus constituie capacitatea de producţie maximă a centralei. Ori această capacitate de producţie nu poate fi utilizată sută la sută din cauza formei curbei de sarcină a cererilor de energie. Această formă a curbei de sarcină este caracterizată prin indicele de aplatizare, care este raportul dintre puterea medie şi puterea de vîrf în intervalul de timp considerat. Pentru mărirea acestui indice, este nevoie să se ia măsuri speciale de intensificarea aplatizărilor.

2. *Stabilirea cantităţilor maxime de energie ce pot fi planificate pe sisteme interconectate sau reţele izolate.* Cunoscîndu-se capacitatea de producţie maximă a fiecărei centrale şi indicele de aplatizare a fiecărui sistem interconectat sau reţea izolată, se poate obţine cantitatea maximă de energie ce se poate planifica la producţie în modul următor:

Se adună capacităţile maxime de producţie a tuturor centralelor din sistem şi se înmulţeşte această sumă cu indicele respectiv de aplatizare. Cifra astfel obţinută reprezintă cantitatea maximă de energie, ce se poate planifica drept producţie în sistemul considerat. In cazul în care cererile de energie depăşesc produsul de mai sus, trebuie pe de o parte intensificate măsurile de aplatizare pînă la obţinerea, dacă este posibil, a unui indice corespunzător, şi de altă parte luate măsuri de amplificarea instalaţiilor de producere în timp util.

3. *Stabilirea cererilor de putere şi energie.* Se procedează în modul următor:

a) In fiecare an, înainte de întocmirea planului de producţie, se face o anchetă preliminară la marii consumatori asupra cererilor de putere şi energie în comparaţie cu puterile şi consumul de energie realizat în trecut.

Cererile consumatorilor se analizează pe baza măririlor sau reducerilor de instalaţii la consumatori, modificări în numărul schimburilor, comasări de întreprinderi, simultaneitatea şi regimul de funcţionare a instalaţiilor consumatorilor, variaţia curbei de sarcină în zile de lucru, de sărbătoare, factor de putere, etc. In general trebuie cerute informaţii asupra instalaţiilor noi şi asupra caracteristicilor de funcţionare ale acestor instalaţii. De asemenea trebuie date explicaţii consumatorilor asupra modului de calcul pentru stabilirea necesarului de putere şi energie, pentru a se evita supraevaluările, care dau loc la subconsumaţii.

b) La consumatorii care nu răspund sau răspund incomplet la anchetă, cererile de putere şi energie se stabilesc prin extrapolare (pe baza consumurilor realizate în ultimele 12 luni).

c) Tot prin extrapolare se stabilesc şi consumurile celorlalte categorii de consumatori (mică forţă motrice, luminat general, luminat public, utilizări casnice etc.).

d) Consumul propriu tehnologic, consumul de regie, pierderile de energie în reţea, se stabilesc pe baza calculelor, a datelor statistice şi a măsurilor tehnico-organizatorice, ce se vor lua în perioada planificată. In acest scop trebuie stabilit nomenclatorul acestor măsuri cu rezultatele, la care vor conduce.

Insumîndu-se toate cererile de energie arătate mai sus şi toate curbele de sarcini corespunzătoare acestor cereri, se obţin nevoile totale de energie şi putere.

4. *Repartiţia optimă pe centrale şi grupuri a producţiei de energie planificată.* Cunoscîndu-se totalul cererilor de putere şi energie şi capacităţile de producţie ale centralelor electrice, se trece la repartizarea optimă pe centrale şi grupuri a producţiei de energie planificată.

Principiile repartiţiei sarcinii pe centrale de diverse tipuri, trebuie să constituie obiectul unui studiu general, care să dea criteriile tehnico-teoretice de aplicat. Criteriile preliminare

pentru repartiția optimă a sarcinii pe centrale de diverse tipuri sînt :

— utilizarea la maximum a centralelor hidroelectrice pe firul apei ;

— utilizarea la maximum a centralelor de termoficare în regim de termoficare ;

— utilizarea ca centrale de vîrf compensatoare a centralelor hidroelectrice cu lac de acumulare ;

— utilizarea ca centrale de vîrf și de rezervă a centralelor cu motoare cu ardere internă (Diesel) ;

— utilizare pe cît posibil ca centrale de baza a marelor centrale termoelectrice cu abur.

Repartiția sarcinii pe grupuri și centrale termoelectrice cu abur fiind operațiunea cea mai importantă, din cauza economiei de combustibil ce poate rezulta, trebuie studiată îndeaproape. Criteriile de bază sînt următoarele :

Factorul determinant în repartiția optimă a sarcinii pe grupuri este noțiunea creșterii relative a consumului de combustibil (respetiv abur), definită ca raport între creșterea consumului global de combustibil (sau abur) și creșterea puterii produse. Acest raport devine la limită derivata funcției : $C = f(P)$. In cazul existenței a mai multor grupuri, avînd fiecare curbe de consum global diferite, consumul total minim se obține cînd toate derivatele curbelor fiecărui grup în parte sînt egale între ele. Cu alte cuvinte se obține minimul de consum la egalitatea creșterilor relative de consum. Pentru diverse situații de funcționare (aceleași grupuri în funcțiune) se obține prin calcul repartiția optimă a sarcinilor pe grupuri pentru diverse valori a puterii produse (2). Același procedeu se întrebuințează și la repartiția optimă a sarcinii pe centrale termoelectrice cu abur.

5. *Planificarea producției globale și a producției marfă în prețuri cu ridicata de întreprindere.* La planificarea producției globale se utilizează la energia electrică începînd cu planul pe 1956 prețul de 0,32 lei/kWh, care se aplică la energia electrică produsă la bornele generatorilor sau prețul neschimbat de 0,40 lei/kWh care se aplică la energia vîndută măsurată la contorii consumatorilor.

In producția globală, în afară de valoarea energiei electrice, sînt cuprinse și valoarea reparațiilor capitale ale utilajului, executate în regie proprie, precum și producția de piese a atelierelor de pe lîngă întreprinderile respective.

Valoarea producției marfă în prețuri cu ridicata de întreprindere are la bază tarifele practicate de fiecare întreprindere, exclusiv impozitul pe circulația produselor. Se aplică întregii cantități de energie vîndută.

6. *Nomenclatorul lucrărilor capitale.* Este o lucrare absolut necesară, deoarece indică termenele la care vor intra în funcție noile instalații, a căror producție trebuie planificată în perioada considerată.

7. *Planificarea indicilor tehnico-economici.* La baza planificării energiei electrice stă puterea instalată, puterea disponibilă, puterea utilizabilă, puterea maximă, puterea medie, etc. toate aceste noțiuni fiind conforme cu terminologia puterilor din stasul în vigoare. Pentru determinarea acestor puteri se ține seama de instalațiile existente și de nomenclatorul instalațiilor, ce vor intra în funcție pînă la sfîrșitul perioadei de planificare, stabilindu-se termenele de punere în funcțiune și capacitatea de producție în perioada considerată.

Cunoscîndu-se aceste elemente, se poate planifica cel mai important indice al planului tehnic și anume durata de utilizare a puterii instalate. In sectorul energetic s-a stabilit următoarea formulă pentru determinarea duratei maxime de utilizare, ce se poate planifica pentru centralele, care fac parte dintr-un sistem energetic :

$$M_{max} = 8760 \cdot \frac{P_d}{P_i} \cdot \frac{P_u}{P_d} \cdot \frac{P_v}{P_u} \cdot \frac{P_m}{P_v} \cdot \frac{\cos\varphi_r}{\cos\varphi_g} .$$

în care :

8 760 este numărul orelor din an ;
P_d — putere disponibilă ;
P_i — puterea instalată ;
P_u — puterea utilizabilă ;
P_v — puterea maximă ;
P_m — puterea medie
$\cos \varphi_r$ — factorul de putere al rețelei ;
$\cos \varphi_g$ — factorul de putere pentru care sînt construite generatoarele

Ultimul termen $\frac{\cos\varphi_r}{\cos\varphi_g}$ se introduce în formulă, cînd $\cos \varphi_r < \cos \varphi_g$.

Alți indici sînt : consumul specific de combustibil pe fel de instalații și fel de combustibil ; consumul propriu tehnologic pe fel de instalații și fel de combustibil, randamentul net al centralelor ; consumul de ulei pe fel de instalații, pierderile de energie în rețele ; raportul dintre producția de energie din surse hidraulice și total produs, raportul dintre energia produsă de surse termice, cu fiecare fel de combustibil și total produs, idem pe fiecare fel de instalații (motoare cu ardere internă, turbine cu abur) și total produs ; raportul dintre timpul efectiv de funcționare și timpul calendaristic pe fel de instalații (cazane, turbine etc.).

Cercetările tehnico-științifice și măsurile tehnico-organizatorice sînt corespunzătoare aducerii la îndeplinire a sarcinilor de producție și tehnice date.

8. *Planificarea forțelor de muncă.* Are la bază forțele de muncă necesare executării planurilor, ținînd seama și de noile instalații ce vor intra în exploatare în perioada considerată, precum și de pregătirea în timp util a cadrelor necesare. Se planifică numărul mediu scriptic de salariați, din care numărul mediu de muncitori și separat personalul tehnico-administrativ, precum și fondul de salariu, salariul

mediu pentru categoriile arătate mai sus și productivitatea muncii pe muncitor. La întocmirea oricărui plan al forțelor de muncă, trebuie respectată corelația dintre creșterea fondului de salariu și creșterea producției globale precum și dintre creșterea salariului mediu și a productivității muncii și anume creșterea fondului de salarii trebuie să fie mai mică decît creșterea producției globale, iar creșterea salariului mediu pe muncitor mai mică decît creșterea productivității muncii. Se observă că în sectorul energetic aceste corelații nu pot fi în mod continuu și permanent respectate din cauza că rolul principal al forțelor de muncă în acest sector este mai ales de deservire și întreținere, pe cînd valoarea producției globale este în funcție în fiecare moment de regimul consumului de energie și în măsură mai mică de numărul de muncitori existenți. Din aceste motive respectarea corelației este satisfăcută comparînd situațiile distanțate pe intervale de timp mai lungi, cum ar fi de exemplu planurile circinale, pe cînd în fiecare trimestru sau chiar în 2 ani consecutivi se poate întîmpla o nerespectare a corelațiilor din cauza felului instalațiilor noi ce trebuie deservite și care pot necesita, cum este de exemplu în cazul centralelor termoelectrice cu cărbuni, un personal muncitoresc mult mai numeros decît cel corespunzător creșterii producției globale. Bineînțeles că în cazul punerii în funcțiune de noi centrale hidroelectrice situația se ameliorează în sensul că productivitatea crește datorită numărului redus de muncitori care deservesc aceste instalații. Planificarea forțelor de muncă în sectorul energetic trebuie făcute cu discernămînt, pe baza normării personalului pe loc de muncă, iar aceasta normare de personal trebuie în mod periodic revizuită pentru a ține seama de toate îmbunătățirile aduse de introducerea tehnicii noi și a noilor metode de muncă.

9. *Planul de costuri și de reducere a prețului de cost.* Pe baza planului de producție, a planului de reparații, a planului tehnic, a planului de intrare în funcțiune a noilor instalații, a planului de aprovizionare și a planului forțelor de muncă, se întocmește planul de costuri și de reducere al prețului de cost.

Aceste planuri se întocmesc ținînd seama de :

— costurile pentru materia primă și materii auxiliare, care se calculează pe baza normelor de consum :

— costurile relativ constante (toate celelalte costuri), care sînt influențate de intrarea și ieșirea din funcțiune a mijloacelor de bază și de dispozițiile legale.

După primirea sarcinilor de reducere a prețului de cost pe sector, transmise de C.S.P., se întocmesc planurile definitive de costuri totale și pe produs, pe baza sarcinii de reducere pe elemente de costuri.

10. *Influența reducerii prețului de cost asupra beneficiului.* În cele ce urmează se va arăta influența pe care o are reducerea prețului de cost asupra beneficiului în cazul unei întreprinderi care are mai multe centrale electrice, de diferite categorii.

Formula care dă reducerea prețului de cost în anul de plan față de anul de bază este :

$$R = \sum e_1' \, p_1 - \sum e_1' \, p_1' \qquad (1)$$

în care :

R este reducerea prețului de cost ;
$e'_1 \ldots e'_n$ — energia produsă de fiecare centrală în anul de plan ;
$p'_1 \ldots p'_n$ — prețul de cost la fiecare centrală în anul de plan ;
$p_1 \ldots p_n$ — prețul de cost la fiecare centrală în anul de bază.

Formula care dă reducerea totală de costuri și conduce la creșterea beneficiului este :

$$R' = \frac{E'}{E} \sum e_i p_i - \sum e_1' \, p_1' \qquad (2)$$

în care :

R' este reducerea totală de cosuri ;

E' — producția totală de energie a tuturor centralelor întreprinderii considerate, în anul de plan ($E' = \sum e'_1$) ;

E — producția totală de energie realizată în anul de bază ($E = \sum e_1$)

Celelalte litere au aceeași semnificație ca în (1)

Observăm că R', reducerea totală de costuri, se anulează atunci cînd creșterea de costuri în anul de plan este proporțională cu creșterea producției, adică avem :

$$R' = 0, \text{ cînd } \sum e_1' \, p_1' = \frac{E'}{E} \sum e_1 \, p_1$$

Reducerea este pozitivă, adică există, cînd,

$$\sum e_1' \, p_1' < \frac{E'}{E} \sum e_1 \, p_1$$

Reducerea este negativă, adică avem creșteri de costuri cînd :

$$\sum e' \, p_1' > \frac{E'}{E} \sum e_1 \, p_1$$

Formula (2) poate fi egală cu (1), adică există un caz cînd reducerea totală de costuri este egală cu suma reducerii prețului de cost la unități, cînd producția crește cu același procent la fiecare unitate în parte.

Formula (2) servește la verificarea influenței reducerii prețului de cost asupra beneficiilor la întocmirea planului financiar corespunzător.

11. *Eşalonarea planurilor* Planurile se eşalonează pe trimestre şi luni în funcţie de cererile de putere şi energie şi de corespondenţa dintre secţiunile planului. Planul de producţie şi anumiţi indici tehnico-economici şi norme de consum se eşalonează şi pe zile. Pentru eşalonarea producţiei pe zile se utilizează o formulă, care ţine seama de zilele lucrătoare şi cele de sărbătoare.

12. *Îmbunătăţirea muncii de planificare.* In anul 1949 s-a introdus planificarea zilnică a producţiei de energie electrică şi s-a studiat primii indici tehnico-economici, ce se pot planifica. In anul 1950 s-au introdus anchetele la mari consumatori pentru stabilirea cererilor de putere şi energie. In anul 1951 s-a introdus metoda de stabilire a indicelui de aplatizare a curbelor de sarcină. In anul 1952 s-a introdus metoda de determinare a capacităţilor de producţie a centralelor electrice şi stabilirea cantităţilor maxime de energie, ce se pot planifica, ţinînd seama de aceste capacităţi şi de indicele de aplatizare. In anul 1953 s-a stabilit o formulă pentru determinarea duratei maxime de utilizare a puterii instalate în funcţie de planul tehnic dat. In anul următor această formulă a fost completată, introducîndu-se un nou termen, care ţine seama şi de factorul de putere. Se subliniază însă că munca de planificare a fost mult îmbunătăţită odată cu introducerea repartiţiei optime a sarcinii pe grupuri şi centrale şi a normării consumului de energie pe produse, care a început în anul 1954 şi s-a intensificat în anul 1955. Pentru anul 1956 s-au creiat condiţiile introducerii gospodăriei socialiste interne pe secţii la centralele termoelectrice cu turbine cu abur, ceea ce va avea un efect pozitiv asupra bunei organizări şi exploatări a acestor centrale şi îndeplinirii tuturor indicatorilor de plan.

II. Metoda de urmărire a reliazării planurilor şi de analiză a rezultatelor

Aici se încadrează următoarele operaţiuni:

1. Urmărirea realizării planurilor, care se face zilnic, decadal, lunar, trimestrial şi anual.

Se urmăreşte zilnic energia produsă de cele mai importante centrale ale întreprinderii, energia cumpărată de întreprinderile care achiziţionează cantităţi importante de energie, apoi puterea utilizabilă şi puterea maximă şi consumul specific de combustibil.

Se urmăresc lunar, trimestrial şi anual toate sarcinile din planul de Stat şi departamental şi anume:

a) Planul de producţie se urmăreşte în indici naturali (kWh) pe centrale şi întreprinderi, iar valoarea producţiei globale şi valoarea producţiei marfă în preţuri cu ridicata de întreprindere.

b) Planul tehnic: se urmăresc toţi indicii tehnico-economici, sarcinile de cercetări tehnico-ştiinţifice, măsurile tehnico-organizatorice.

c) Planul de repartiţii se urmăreşte pe Ministere şi întreprinderi mari consumatoare.

d) Planul forţelor de muncă se urmăreşte pe întreprinderi.

e) Planul preţului de cost se urmăreşte pe centrale, pe faze şi întreprinderi.

2. Analiza realizărilor se face atît faţă de plan, cît şi faţă de aceeaşi perioadă de timp a anului precedent.

e) Trebuie justificate atît depăşirile importante, cît şi nerealizările, arătîndu-se dacă sînt rezultatul îmbunătăţirii sau înrăutăţirii indicilor tehnico-economici, deficienţelor proprii sau a abonaţilor, neintrării în funcţiune a investiţiilor proprii sau a abonaţilor etc.

In fiecare lună trebuie raportate o serie de date, care sînt absolut necesare şi anume:

— Lucrările capitale intrate în funcţie, analizate faţă de cele ce erau planificate (extensiuni de centrale sau reţele cu datele tehnice respective).

— Nominal noile racorduri alimentate cu energie electrică (respectiv amplificările racordurilor existente), arătînd puterea racordată, puterea de vîrf, factorul de putere.

— Situaţia racordurilor importante planificate (dacă cererile de racorduri s-au menţinut au fost retrase, dacă s-au făcut modificări faţă de valorile planificate (puteri, energie, regim de funcţionare).

3. In urmărirea lunară a planului, unele date sînt statistice, altele sînt operative, unele date sînt contabile, altele extracontabile. Astfel în raportările făcute, realizarea planului în indici naturali chiar şi în raportul operativ este o dată statistică, în preţuri cu ridicata de întreprindere şi datele statistice sînt date operative.

Este necesar însă ca imediat ce întreprinderile dispun de date statistice şi contabile, să se refacă calculele cu aceste date pentru a avea cifre exacte asupra realizării tuturor planurilor.

Intreprinderile trebuie însă să verifice datele operative şi să le evalueze astfel, încît să fie cît mai aproape de datele statistice, pentru a nu denatura rezultatele.

4. Trebuie să se dea o atenţie deosebită raportării tuturor măsurilor tehnico-organizatorice, date ca sarcină de plan de Stat sau departamental, precum şi sarcinile de cercetări tehnico-ştiinţifice.

5. De asemenea trebuie raportat şi modul cum au fost executate de către celelalte departamente măsurile pentru reparaţia utilajului energetic, a utilajului tehnologic, aplatizarea curbei de sarcină, îmbunătăţirea factorului de putere.

6. Pentru a putea fi luate măsuri eficace, trebuie să se facă o urmărire operativă şi o analiză continuă a realizării planului de producţie.

In acest scop întreprinderile trebuie să cunoască zilnic situaţia realizării planului şi ori de cîte ori se observă o depăşire sau o nerealizare prea

mare, să ia imediat legătura cu marii consumatori, stabilind de unde vine depășirea sau nerealizarea și cerînd întreprinderii respective justificarea situației. In caz de nerealizarea planului, cu conducerea întreprinderii consumatoare trebuie analizate cauzele nerealizării și măsurile de luat. Dacă nerealizarea se datorește deficiențelor proprii, trebuie luate imediat măsuri pentru lichidarea lor, făcînd o judicioasă programare a consumatorilor, pentru ca cererile de energie electrică să fie cît mai complet satisfăcute.

Cu toate că planurile trimestriale de producție se întocmesc odată cu planul anual, întreprinderile trebuie să întreprindă în fiecare trimestru o anchetă de control pentru a cunoaște cererile de putere și energie din trimestrul următor; ceea ce conduce la o eșalonare mai exactă a producției pe centrale și a indicilor tehnico-economici. Noua situație trebuie analizată pentru a lua măsurile cele mai potrivite în vederea realizării planului de producție și a satisfacerii tuturor cererilor de energie.

7. Este necesar ca întreprinderile să se sesizeze singure de orice deficiență în realizarea planului, cunoscînd cît mai exact situația cererilor de energie, căutînd să îndrumeze întreprinderile consumatoare astfel, încît să obțină pe rețea cea mai aplatizată curbă de sarcină și un factor de putere cît mai ridicat.

De asemenea reparațiile utilajului energetic și a utilajului tehnologic al întreprinderilor consumatoare trebuie astfel planificate, încît în nici un moment să nu rezulte un deficit de putere sau o periclitare a bunei și continuei funcționări a instalațiilor energetice.

Intreprinderile producătoare de energie trebuie să urmărească zilnic indicele de aplatizare a curbei de sarcină în sistemele interconectate sau în rețelele izolate, luînd imediat măsuri de remediere, în cazul în care observă o înrăutățire a acestui indice.

Fiecare întreprindere trebuie să ajungă a cunoaște bine consumatorii care produc dificultăți fie din cauza relei întrețineri a instalațiilor, fie din cauza factorului de putere prea scăzut, fie din cauza vîrfurilor de putere prea mari. Consumatorii în cauză trebuie vizitați mai des, cu ei trebuie dusă o susținută muncă de îndrumare, pentru a-i face să ceară ori de cîte ori se pune o problemă energetică nouă, avizul întreprinderii producătoare de energie electrică, evitînd astfel o soluționare greșită. De modul cum se va duce această muncă, depinde buna realizare a planului energetic și buna utilizare a energiei electrice de către consumatori.

Planul energetic nu se realizează fără efort, el trebuie continuu dirijat și controlat.

Bibliografie

[1]. *Lagoschi A. A.* și *Pacsver V. B.*: Centrale termoelectrice. Editura Tehnică 1952.

[2]. *Gorșcov A. S.*: Indici tehnico-economici ai centralelor termoelectrice, Ed. Energetica de Stat. 1953

[3]. *Kurocikin N. N.*: Bazele teoretice ale instalațiilor de forță cu abur. Editura energetică de Stat 1955

[4]. *Weitz U. I.*: Progresul tehnic al energeticei în U.R.S.S. Editura Tehnică 1951

[5]. *Laschin M. N.*: Organizarea pe bază de hozrasciot a centralelor termoelectrice. Editura energetică de Stat 1954.

[6]. M.E.E.I.E.: Prescripțiile de exploatare tehnică a Centralelor și Stațiilor electrice. Editura energetică de stat 1954

[7]. *Savinschi D. V.*: Curs de statică industrială. Editura de Stat 1951

Gaze combustibile din deşeuri agricole şi alte materii organice[1)]

Dat fiind interesul deosebit cel prezintă noul procedeu pentru valorificarea deşeurilor agricole şi a altor materii organice, cel poate prezenta pentru energetica rurală şi în condiţiile ţării noastre, se dă sub formă de extras comunicarea corespunzătoare prezentată de delegaţia germană la Sesiunea parţială a conferinţei mondiale a energiei din 1954.

Pînă de curînd nu exista, cu excepţia instalaţiilor centrale de valorificare a deşeurilor urbane, un procedeu eficace şi economic pentru obţinerea de gaze combustibile din materii organice pe baza unui proces biologic. Se ştie însă, de relativ multă vreme, — în special prin cercetările lui Buswell (S.U.A.) — că se poate obţine gaz metan din deşeuri agricole sau organice, şi experienţe corespunzătoare au confirmat aceste posibilităţi.

Schmidt F. şi Eggersgüss W. au realizat în 1947 o instalaţie în care se pot valorifica pentru producerea de energie toate deşeurile agricole, gunoi de grajd, deşeuri de legume etc.

Intr-un astfel de proces biologic se formează la folosirea de materiale fibroase, scoarţe groase plutitoare. Problema principală în instalaţiile rurale de produceri de gaze combustibile, constă tocmai în distrugerea acestor scoarţe plutitoare, pentru a asgura un bun proces de fermentare prin bacteriile ce dau naştere gazului metan. Nu pot fi utilizate în acest scop dispozitivele folosite în marile instalaţii urbane deoarece în instalaţiile rurale mai mari, scoarţele plutitoare ating repede o grosime de cîţiva metri. De aceea la instalaţiile aici descrise se foloseşte acţiunea unui puternic jet hidraulic, produs din lichidul subţire ce se află n partea inferioară a spaţiului de fermentare, procedeu care a dat rezultate practice foarte bune.

Actualmente sînt în funcţionare în R F G mai multe instalaţii de acest fel. Cea mai mare are o producţie zilnică medie de 650 m³ gaze combustibile(denumitacolo Bihugas, în romîneşte evtl. biogaz) la o capacitate a gropii de fermentare de 720 m³. Gazele produse se folosesc pentru procese de fierbere, aburire şi încălzire ale unităţii agricole respective şi pentru încălzirea serelor şi drept carburant pentru tractoare.

Proprietăţile gazelor combustibile produse

Gazele combustibile produse conţin în mod normal 62% metan şi 38% bioxid de carbon. Azot, oxigen, hidrogen şi hidrogen sulfurat apar numai ca urme. Puterea calorifică superioară este de circa 5 900 kcal/m³.

Conţinutul de hidrogen sulfurat variază după materiile de bază, în mod normal este de 2g/m³. El poate fi îndepărtat complet printr-o instalaţie simplă de epurare, astfel încît să nu apară mirosuri neplăcute sau coroziuni la folosirea acestor gaze.

Deoarece cifra octanică a acestor gaze este de 115, ele sînt foarte adecvate pentru a fi folosite la autovehicole şi tractoare. Rezultatele de exploatare de mai mulţi ani au confirmat acest lucru, constatîndu-se chiar o comportare superioară faţă de motorină, deoarece biogazul nu are deloc sulf, în timp ce motorina folosită avea un conţinut de sulf de 0,5—1,0% de greutate.

În instalaţii mai mari este indicat a se îndepărta prin spălare conţinutul de CO_2, puterea calorifică superioară ridicîndu-se la circa 9 000 kcal/m³. Prin aceasta raza de acţiune a vehicolelor alimentate cu aceste gaze creşte sensibil; astfel, tractoare echipate cu două butelii cu biogaz sub o presiune de 200 at pot lucra 9 ore la plină sarcină.

Biogazul comprimat nu se comportă după legea gazelor perfecte. Astfel la 350 at, cantitatea reală de gaz depăşeşte cu circa 40%, la 200 at cu circa 25% valoarea corespunzătoare legii gazelor perfecte.

Folosiea biogazului

Şi autovehiculele cu motoare cu explozie pot fi acţionate direct cu biogaz. Tractoarele de diferite mărimi funcţionează azi în mai multe unităţi agricole; chiar dacă conţinutul de CO_2 nu este îndepărtat, tractoarele de motorină nu îşi reduc puterea de tracţiune dacă sînt alimentate cu acest gaz.

Este desigur posibil a folosi gazele astfel produse şi pentru producerea energiei electrice, în Bavaria o astfel de instalaţie funcţionînd pentru acoperirea vîrfurilor de sarcină.

Într-o unitate agricolă germană posedînd 100 vite cornute se pot produce zilnic circa 350 m³ biogaz, dacă pentru fiecare vacă se

1) Extras din: Schmidt F. şi Eggersg'üss W. Hochwertges gas aus landwirtschaftlichen Abfä..en und and eren organischen Stoffen. BWK 1954 nr. 7 pag. 249 – 51.

alocă zilnic 10 kg paie pentru așternut. Producția anuală a unei astfel de instalații ar fi de circa 126 000 m³, ceea ce corespunde la circa 95 m³ benzină sau 70 t motorină.

Circa 30% din producția totală se consumă pentru încălzirea gropii de fermentare și acoperirea serviciilor interne ale instalației. 20—40% din producția de gaz este folosită de obicei în unitățile germane pentru alimentarea tractoarelor. Astfel prin producerea acestui gaz se pot acoperi complet nevoile de energie ale unei unități agricole, inclusiv necesarul de carburanți.

Foloase pentru agricultură

În Germania instalațiile pentru producerea acestor gaze combustibile nu se realizează numai din punct de vedere energetic. Astfel trebuie menționate unele aspecte deosebit de importante pentru agricultură :

1. Prin instalațiile de producere a biogazului întreaga prelucrare a gunoiului de grajd într-o unitate agricolă se mecanizează complet, de la grajd pînă la împrăștierea pe cîmp prin vehicole speciale.

2. Procesul de fermentare se desfășoară într-un spațiu ermetic închis, astfel încît nu apar pierderi de substanțe importante pentru efectul de îngrășămînt, în special azot. Îngrășămintele astfel produse sînt mai valoroase decît gunoiul normal de grajd, ceea ce s-a confirmat prin multe cercetări.

3. Pierderea de materie organică este mai mică la acest proces de fermentare decît la cel obișnuit. De aceea și cantitatea de îngrășămînt rezultată este mai mare.

4. În timpul fermentării se distrug toate semințele bălăriilor.

Datorită acestor avantaje, întreaga instalație de producere se amortizează într-un termen relativ scurt. De aceea din punctul de vedere al exploatării agricole, biogazul trebuie considerat ca produs accesoriu gratuit.

Baza de materii prime

După ultimele date statistice, în R.F.G. se pierd prin descompunerea gunoaielor de grajd circa 5 000 000 t celuloză și circa 350 000 t azot anual. Aceste cifre arată că în orice țară există un mare disponibil de materii de bază și că trebuie acordată o mare importanță economică instalațiilor de producere de gaze combustibile din prelucrarea lor. Numai din cele 5 000 000 t celuloză s-ar putea obține anual 4,5 miliarde m³ de biogaz ceea ce corespunde la circa 3,4 milioane m³ de benzină. În afară de acestea s-ar mai putea valorifica deșeurile plantelor agricole și anumite deșeuri organice industriale.

Răspîndire în R.F.G.

Cu toate că acest procedeu nu a fost realizat decît în 1947, în R.F.G. s-au dezvoltat atît de mult instalațiile, încît un tractor folosind biogaz ar putea traversa țara pe o distanță de peste 1 000 km, găsind pe drum suficiente puncte de alimentare.

Marele merit al acestui procedeu constă în faptul că energia nu se obține din rezerve acumulate în cursul timpului ca de exemplu din cărbune sau țiței, ci din materii organice care cresc an de an. Ca atare, procedeul constituie o cale practică cu totul nouă pentru folosirea unor resurse energetice pînă acum nevalorificate.

I. S.

Sarcinile energeticienilor pe anul 1955 *)

In prima parte a articolului, Primul Locțiitor al Ministrului Centralelor Electrice din URSS comunică rezultatele anului 1954 : producția de energie electrică a crescut cu 11,8% față de 1953 și de 1,6 ori față de 1950, iar puterea instalată cu 16% față de anul precedent și de 1,7 ori față de 1950. Vîrful maxim a depășit cu 13,5% pe cel din 1953.

Progrese mari s-au realizat și în desvoltarea termoficării. Planul anual de livrare a energiei termice a fost depășit cu 7,6%, energia termică livrată crescînd cu 16,6% față de 1953 și de 1,8 ori față de 1950.

Totuși încă nu au fost valorificate complet posibilitățile termoficării, în multe CET capacitatea echipamentului de termoficare fiind folosită numai 25—50%.

Consumul specific de combustibil convențional mediu (pe Ministerul Centralelor Electrice) a scăzut de la 510 g/kWh în 1953 la 498 g/kWh, economia de combustibil realizată în 1954 peste plan trecînd de 500 000 t.c.c.

Utilizarea mai bună a combustibilului se datorește în special ponderii mereu crescînde a instalațiilor cu parametri înalți automatizării proceselor de ardere, reconstrucției focarelor și ameliorării întreținerii echipamentului.

Productivitatea muncii a crescut cu 8,3% față de anul precedent. Numărul de muncitori raportat pe 1 MW putere instalată, a scăzut în ultimii trei ani cu 20% la centralele termoelectrice și cu 25% la cele hidroelectrice ; totuși această scădere este insuficientă, dat fiind creșterea unităților energetice și a gradului de automatizare.

Siguranța alimentării cu energie a crescut, numărul avariilor în centralele și rețelele electrice fiind cu 15% sub anul 1953, însă situația este considerată încă nesatisfăcătoare.

Ca sarcini pentru 1955, se relevă în special : lichidarea diferenței între puterea instalată și cea disponibilă a centralelor care se cifrează

*) Pavlenco A.S. : Teploenergetica, 1955 nr, 1 pag. 3—6.

încă la 300 MW, executarea lucrărilor de centrale și linii electrice astfel încît puterea instalată a centralelor să se dubleze în cursul cincinalului, punerea în funcțiune a primelor agregate din marea centrală Kuibîșev și a liniei de transport de 400 kV Moscova-Kuibîșev, reducerea mai departe a consumului specific de combustibil și a prețului de cost al energiei electrice și termice, ridicarea productivității muncii, mărirea siguranței de exploatare etc.

Un obiectiv deosebit de important, atît pentru 1955 cît și anii următori, îl constituie introducerea tehnicei celei mai moderne în centralele termoelectrice. In prezent 47% din putere instalată a centralelor termoelectrice ale Ministerului Centralelor electrice sînt instalații de înaltă presiune, caracterizate în medie cu o economie de combustibil de 12% față de instalațiile cu medie presiune. Totuși, temperatura de 500°C adoptată anterior din cauza condițiilor de calitate ale oțelurilor, devine insuficientă, ea trebuindsă fie mărită la 535... 550°C cu o ridicare concomitent a presiunii pînă la 130 at, ceea ce va aduce o economie de combustinbil în plus de 3—3,5%.

Reducerea mai departe a consumului de combustibil (11—12%) trebuie realizată prin folosirea aburului de presiune foarte înaltă (170—200 at) și a temperaturii de 550°C și mai mult. Totodată trebuie sporită sensibil mărimea unitară a grupurilor turbogeneratoare, pînă la 200—250 MW pentru parametrii foarte înalți ai aburului: 180 at și 600···650°C, iar debitul cazanelor ridicat la 400—450 t /h. Cazanele trebuie construite pentru arderea unor cărbuni cu conținut foarte mare de cenușe și umiditatea (focare ciclon, etc.) iar pentru parametrii foarte înalți devine deosebit de importantă folosirea cazanelor cu circulație forțată.

În acest scop este necesară accelerarea cercetărilor în domeniul oțelurilor speciale și în domeniul presiunilor și temperaturilor foarte înalte ale aburului (pînă la 500 at și 1000°C). Totodată trebuie extinsă automatizarea proceselor termice și realizate turbine mari cu gaze, destinate în special funcționării cu combustibil solid.

Inceputul făcut în 1954 cu introducerea aburului cu parametri foarte înalți trebuie corespunzător extins, pentru ca împreună cu desvoltarea și mai departe a termoficării și a automatizării, să se realizeze o ridicare masivă a indicilor tehnico-economici și de exploatare.

S. I,

Echipe motorizate pentru măsurători termotehnice în Anglia[1)]

Secția termotehnică din Ministerul Britanic al Combustibilului dispune de 17 autovehicule speciale, înzestrate cu toate instrumentele de măsură necesare pentru expertize termotehnice în întreprinderi mici și mijlocii.

Pe baza cercetărilor efectuate, Ministerul poate fixa indici de consum pentru diferitele ramuri industriale, în raport cu care se judecă randamentul termic al întreprinderilor.

is

1) După BWK, 1954 nr. 4 pag. 155.

HAGEN W : Rezervele mondiale de cărbuni, fier, petrol şi uraniu. B.W.K. 1954 nr. 6 pag. 226.
D.K. 338 (100 : 622.32/34 + 663.16 + 662.749

Autorul se foloseşte de apariţia hărţii zăcămintelor mondiale de cărbuni, fier, petrol, aur şi uraniu de P. Kukuk (hartă murală la scara 1 : 18.000.000 prelucrată de prof. Dr. P. Kukuk Braunschweig ; Editura G. Westermann 1952) pentru a referi cuprinzător asupra datelor miniere şi tehnice ale diferitelor continente, grupe de state şi ale unor state pentru 1952. Redăm în cele ce urmează datele referitoare la cărbunii care interesează din punct de vedere energetic pentru uraniu ne-indicîndu-se date concrete în cadrul citat.

Extracţia de huilă şi lignit, producţia de cocs minier şi metalurgic (în milioane t)

	Huilă	Lignit	Cocs
Europa fără U.R.S.S.	598,41	339,61	96,01
U.R.S.	308,00	70,00	>30,00
S.U.A..	456,82	3,00	61,94
Restul Americii . . .	20,31	1,84	3,80
Asia (fără U.R.S.S.) .	128,62	2,14	6,41
Africa	32,22	0,01	0,58
Australia şi Oceania .	20,73	10,16	1,61
In toată lumea :	1.565,11	426,76	>200,85

Rezerve de cărbuni exploatabile (în miliarde t, considerînduse rezervele economic şi tehnic exploatabile cu mijloacele actuale.)

	Huilă	Huilă inferioară şi lignit
Europa fără U.R.S.S. . . .	215,74	144,18
U.R.S.S.	425,60	
S.U.A.	699,00	541,00
Restul Americii	53,98	45,28
Asia (fără URSS)	476,54	6,43
Africa	21,15	—
Australia şi Oceania	15,10	38,00
In toată lumea :	1.907,11	774,89

Este de remarcat că rezervele se evaluează în diferitele ţări după criterii destul de diverse ; însă rezervele indicate apar ca cert realizabile. 1-ba.

*** * * : Un nou tip de instalaţii electrice în uzine**
Brennstoff Chemie, Technische Umschau, nr 1/2 vol 36/1955.

In cadrul măsurilor de raţionalizare a uzinelor din Anglia şi S.U.A., se introduce din ce în ce mai mult un sistem nou de instalaţii electrice, deosebit de adaptabil la variaţii de putere absorbită de receptori sau la modificări în amplasarea acestora. Prin acest sistem încăperile uzinei se echipează, independent de utilizarea specială ce urmează a li se da, cu bare colectoare capsulate, montate în mod adecuat pe pereţi sau pe platforme şi asigurînd o alimentare suficientă cu energie a încăperii respective. De la aceste bare, denumite „Bus duct", se pot pune derivaţii în punctele dorite, la distanţe minime de circa 0,5 m. Cofretele de racord sînt astfel construite, încît permit realizarea sau îndepărtarea unui racord cu barele sub tensiune : ele au prize arcuite, care fac contact sub presiune la barele argintate. Cofretele de racord cuprind şi siguranţe pentru protecţia circuitului respectiv. Deocamdată par a fi uzuale bare pentru intensităţi nominale de 200 A şi intensităţi de scurtcircuit de 10 KA. 2.ba

KOWALIK S. : Centrale termoelectrice mari şi răcirea în circuit închis Energietechnik vol 3/1953 nr. 7 pag. 317/20.
DK 621.311 : 621.565.93.

Pentru realizarea unei bune condensaţii, centralele termoelectrice se amplasează de obicei cît mai aproape de un rîu. Dacă se folosesc combustibili superiori, acest lucru este justificat ; însă pentru lignit, transportul pe distanţe mai mari devine neeconomic, astfel încît de obicei se impune răcirea în circuit închis. Pentru dimensionarea turnurilor de răcire,s-au avut în vedere în trecut maşini de abur cu piston, la care nu interesa o temperatură cît mai scăzută în condensator. La turnuri de răcire cu ventilaţie naturală, efectul de răcire depinde de umiditatea şi temperatura aerului. Temperatura medie anuală de + 15°C, luată de obicei în calcul este prea mare. Prin supradimensionare se obţin, în presupunerea unei circulaţii perfecte a apei în turn, temperaturi ale apei reci de 20...22°C. Vidul din condensator, corespunzător unei temperaturi a aburului de 39...42°C la o temperatură a apei de răcire de 27°C, a putut fi ameliorat prin supraîncărcarea hidraulică a turnului de răcire supradimensionat. Autorul conchide că pentru turbine de circa 25 MW care în construcţia cu un singur flux constituie un tip limită, şi care prezintă un interes deosebit în R.D.G. ar fi indicată proiectarea pentru temperatu joase a aburului evacuat. Economia de căldură realizabilă ar permite fără nici o dificultate, dimensionarea turnurilor de răcire pentru un debit aproape dublat. 3. ba

DROBISFU A. I. : Unele probleme referitoare la construirea centralelor termoelectrice, Electriceschoie stanţii, — nr. 1/1955, pag. 7 — 15.

Lucrările de construcţie şi montaj ale centralelor electrice din URSS au înregistrat în ultimul timp serioase progrese, în special prin : executarea prealabilă a tuturor lucrărilor subterane de pe amplasament — accelerarea prin înlocuirea lucrărilor care necesită volum mare de muncă (zidării de cărămidă) — montarea prealabilă a echipamentului pe blocuri şi ansamble — îmbunătăţirea lucrărilor de tachelaj — creiarea industriei de construcţii auxiliare şantierelor — desvoltarea mijloacelor mecanizate. Prin aceste metode s-a redus durata de construcţie a centralei (pînă la intrarea în funcţie a primului agregat) la 3,5 ani de la 7—8 ani şi a montajului la 3,5 luni de la 8—10 luni.

Deficienţele semnalate în actuala fază de lucru sînt : Disciplina slabă în privinţa organizării lucrărilor de construcţie şi montaj şi a respectării proiectelor de organizare precum şi a fişelor tehnologice ale lucrării (modificarea ordinei de execuţie a lucrării). Această situaţie apare în special acolo unde se anticipează construcţiile de înălţime, construcţiile metalice şi montajul faţă de cota 0. — întîrzierea lucrărilor pentru reţeaua subterană de conducte şi canale. Inceperea betonării înainte de terminarea bazelor de producţie pentru beton. Planificarea uneori lipsită de seriozitate a puterii finale a centralei şi a sistemului de lucru.

Pentru soluţionarea unora din aceste deficienţe, autorul preconizează următoarele măsuri : Proiectul de organizare a şantierului să aibă numai 2 faze proiect tehnic şi fişe tehnologice pe elemente ; planificarea lucrărilor şi alegerea puterii finale a centralei să se facă pornind de la ideia unităţilor mari şi legată numai de elementele de bază care condiţionează centrala : apă, combustibil, transport de energie. Lucrările subterane să treacă de la situaţia de canale şi tunele, la situaţia subsol general, care uşurează construcţia, permiţînd mecanizarea şi simplifică exploatarea. Folo-

sirea pe scară cît mai largă a prefabricatelor grele (pînă la 10 t), cu reducerea tipurilor și înlocuirea zidăriei de cărămidă cu panouri de beton spongios. — Inlocuirea prelucrării și confecționării rudimentare de pe șantiere a materialului metalic pentru unele echipamente mecanice cu execuția lui sistematică în industrii. Mecanizarea lucrărilor, în special mecanizarea încărcării și descărcării care reprezintă peste 60 % din volumul total de muncă. Organizarea reparației rapide a parcului de mașini de lucru pentru a se putea folosi cît mai mult capacitatea lor. Metode rapide pentru executarea construcției și lucru ritmic, eliminînd modul de lucru cu întreruperi și reluări ale lucrurlui cu amînarea termenilor de terminare a diferitelor elemente, cauza principală a scumpirii execuției.

Autorul propune următoarele termene de lucru pentru o serie de construcții importante : Clădirea principală 12 la 15 luni față de 30—32 luni azi, alimentarea cu combustibil 6—8 luni față de 28—30 luni, camera de comandă, stații de epurare chimică, concasare 4—6 luni. La montaj, durata montajului unui cazan de mare presiune de 4—4,5 luni poate fi redusă la 3 luni. Un exemplu citat arată că un cazan de 90 t/h a fost montat folosindu-se blocuri prefabricate la uzina constructoare în 24 zile, adică 1/3 din termen, utilizînd 57 % din forțele normale de muncă. In acest scop este necesară sporirea capacității uzinelor de construcții metalice, prefabricate, echipament auxiliar. Asigurarea și organizarea aprovizionării la timp cu materiale, care se apreciază că poate ridica productivitatea muncii cu 20—25 % evitînd încălcarea ordinei normale a lucrărilor. Reducerea de la proiectare a numărului de tipuri de laminate, mai ales a celor care apar în cantități mici și care și așa nu pot fi procurate. 4. cm

Sérensen E : Despre concurența între mașinile de forță termice, B. W. K., vol. 6, 1954, nr. 1, pag. 13—14.

Mașinile de forță termice sînt prinse în epoca actuală într-o concurență puternică. Lupta se duce pentru putere, materiale, domeniu de aplicare în raport cu condițiile de viață și pentru viitor.

Lupta pentru putere a dus la mărirea puterii unităților și sporirea ritmului de producție, ca urmare a cererilor mereu crescînde de energie.

Se construiesc azi :

— motoare Diesel marine ... 1,4. 10^6 kW/an

— turbine cu abur pentru instalații fixe... 1,4.10^6 kW/lună

— motoare de tracțiune ... 1,4.10^6 kW/zi.

Lupta pentru materiale a fost încununată de numeroase succese, datorită în primul rînd metalurgiștilor. Viitorul turbinei de gaze depinde de materialele rezistente la temperaturi înalte. De altfel și noi progrese în construcția turbinelor și cazanele de abur depind de aceste materiale.

Tot în lupta pentru materiale intervin și combustibilii. Epoca actuală se caracterizează în această privință prin :

— creșterea consumului de combustibil,

— înrăutățirea calității combustibilului disponibil,

— epuizarea mai rapidă sau mai lentă a combustibilor disponibili.

In lupta pentru domeniul de aplicare, turbina cu abur predomină în producerea energiei electrice. Domeniul motorului cu explozie este tracțiunea rutieră. În marină își fac concurență turbina cu abur și motorul Diesel.

În raport cu condițiile de viață ale societății omenești, prima problemă este aceea a cerințelor de apă. Instalațiile cu abur impun condiții severe calității apei, pe cînd turbina cu gaze se poate dispensa la nevoie de apă de răcire.

A doua problemă este combustibilul și a treia sgomotul.

Lupta pentru viitor. Din concurența actuală între mașinile de forță termice nu se poate trage o concluzie asupra viitorului. Munca inginerilor trebuie să tindă la utilizarea spre folosul omenirii a tuturor posibilităților pe care le oferă natura. 5. ma

RECENZIE

xxx : File de calcul pentru transmiterea căldurii, Partea I. V. D. I. „Wärmeatlas" Deutscher Ingenieur Verlag, Düsseldorf. 1954 183 pag. D.K. 536.24 : 66.02.

Lucrarea cuprinde documentația pentru calculul și proiectarea de aparate schimbătoare de căldură : Aceasta a fost adunată și publicată de către un colectiv larg : „Schimbătoare de căldură și vaporizatoare" din V D I, sub conducerea Dr. Ing. H. Kraussold, în răstimp de cîțiva ani.

Materialul este pregătit pentru aplicație practică : s-a renunțat la considerații ample teoretice, însă rezultatele teoretice și experimentale se prezintă în ecuații relativ simple, al căror domeniu de valabilitate este precizat. Pentru multe probleme nici nu mai sînt necesare calcule laborioase, deoarece rezultatul căutat poate fi luat direct din numeroasele abace.

Deoarece chiar pentru practicianul pur este necesară o introducere în principiile transmiterii căldurii, pentru ca să poată fi atacate și problemele care nu sînt tratate direct, prof. E. Schmidt mijlocește printr-o „Introducere în teoria transmiterii căldurii" (20 pagini) o vedere clară de ansamblu asupra întregului domeniu.

Urmează capitolele : Unități de măsură și mărimi caracteristice fără dimensiune (16 pag. I. Blometr) ; Calculul schimbătoarelor de căldură (16 pagini. R. Sёhngen și J. Blomert) ; Valori caracteristice pentru apă și aer (6 pagini după tabele de W. Fritz) ; Valori caracteristice pentru materiale (27 pagini, date termice și critice, puncte de fierbere la presiuni diferite vîscozitatea și conductibilitatea termică a aproape 300 combinații chimice, ansamblate de Jos. Spangler) ; Transmiterea căldurii la convecție forțată (24 pagini G. Kling) ; Condensația vaporilor puri (10 pagini, U. Grigull) ; Radiația termică a corpurilor solide și a gazelor (22 pagini, C.A. Landfermann și J. Blomert) ; Transmiterea căldurii în cazane cu agitator (6 pagini. H. Kraussold) ; Incălzirea vaselor cu agitator (2 pag. J. Blomert) ; Suprafețe radiatoare (6 pagini, Th. E. Schmidt) ;) Regeneratoare (7 pagini, H. Hausen) ; și Directive de proiectare pentru construcția schimbătorilor de căldură (11 pagini, R. Söhngen).

Capitolele sînt foarte bine coordonate. Prin prezentarea filelor documentare într-un dosar cu inele, părțile care mai lipsesc — conductibilitatea termică, convecția liberă, vaporizarea, pierderea de presiune în schimbătoare de căldură, straturi turbulente, evaporarea, caracteristica de exploatare, etc. — vor putea fi introduse în viitor.

Lucrarea îmbină armonios cunoștințele teoretice cu o experiență practică îndelungată, punînd la dispoziția celor care se ocupă cu construcția și exploatarea de schimbătoare de căldură un material foarte valoros.

Bibliografia cu numeroase citate deschide cercetătorului calea spre literatura cea mai recentă.

Ing. A. B.

REVISTA „ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice , Redacția: București, str. Ioan Ghica nr. 3. Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 3.57.28 ii 3.07.30 , Administrația și Casieria: Calea Victoriei nr. 118, Raionul I. V. Stalin . Revista este editată de „EDITURA ENERGETICĂ DE STAT", B-dul General Magheru nr. 33, Telefon: 5.44.70/155 . Abonamentele se primesc la toate oficiile poștale de la orașe și sate, prin factorii poștali la secțiile raionale de Difuzare a Presei și la *sediul Redacției din str. Ioan Ghica nr. 3* Tarif pentru întreprinderi: lei 96 anual; Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual; Prețul unui exemplar: lei 5.

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

KAT
REFERATUL

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

12

ENERGETICA ȘI HIDROTEHNICA — ANUL 3 — 1955
EDITURA ENERGETICĂ DE STAT BUCUREȘTI

SUMAR

Pag.

*** : Din lucrările Congresului al II-lea al P. M. R. 537
Gheorghiu N. : Realizări energetice în primul plan cincinal 546
Munteanu Gh. : Caracteristice energetice în funcţie de productivitatea şi temperatura ambiantă 548
Popescu V. : Calculul conductelor de condensat 557
Rădulescu V. : Încălzirea prin curenţi de circulaţie a conductoarelor liniilor electrice aeriene în scopul împiedicării formării chiciurii 563
Vasilescu M. şi *Luca Gh.* : Asupra articolului : „Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice“ 573
Mociorniţă C. : Anuarul hidrologic I.S.P.E. 1952—1953 576

PENTRU NOILE CADRE

Stanisavlievici L. : Stadiul actual al tratării apei în instalaţiile termoenergetice 579
HIDROTEHNICA DE PESTE HOTARE . .
Möckesch R. : Nodul hidrotehnic de la Tiszalök (R. P. Ungară) 582
DOCUMENTARE 587
RECENZII 589
INDEX ALFABETIC 591

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

*** Из работ II-го съезда Р.Р.П. . . . 537
Н. Георгиу : Энергетические достижения первой пятилетки 546
Мунтяну Г. : Энергетические характеристики в зависимости от производительности и температуры среды 548
Попеску В. : Расчет конденсатопроводов . 557
Рэдулеску В. : Нагрев циркуляционными токами проводов воздушных ЛЭП для предотвращения образования гололедицы . . 563
Василеску М. и *Лука Г.* : К статье „Бронированные напорные галлереи в гидроэлектрических установках“ 573
Мочорница К. : Гидрологический ежегодник И.С.П.Е. 1952—1958 г.г. 576

НОВЫМ КАДРАМ

Станиславлиевич Л. : Теперешнее положение водоподготовки в теплоэнергетических установках 579
ЗАРУБЕЖНАЯ ГИДРОТЕХНИКА . . . .
Мекеш Р. : Гидротехнический узел Тисолек (В.Н.Р.) 582
ДОКУМЕНТАЦИЯ 587
РЕЦЕНЗИИ 589
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 591

SOMMAIRE

Page

*** Les travaux du 2-nd Congrès du P.M.R. (Parti travailliste ronmain) 537
Gheorghiu N. : Réalisations énergetiques dans le premier plan quinquennal 546
Munteanu G. : Les caractéristiques énergétiques par rapport à la productivité et la température ambiante 548
Popescu V. : Le calcul des conduites d'eau de condensation 557
Rădulescu V. : Le chauffage par courants de circulation des conducteurs des lignes électriques aériennes pour empêcher le givrage 563
Vasilescu M. et *Luca J.* : En mange de l'article : „Les galeries forcées blindées, dans les installations hydroélectriques 573
Mociornița C. : L'annuaire hydraulogique I.S.P.E. 1952—1953 576

POUR LES NOUVEAUX CADRES

Stanisavlievici L. : Le stade actuel du traitement de l'eau dans les installations thermoénergétiques 579
LA HYDROTECHNIQUE A L'ETRANGER
Möchesch R. : Le complexe hidrotechnique de Tiszalök (Rép. Pop. Hongroise) 582
DOCUMENTATION 587
REGENSIONS 589
INDEX ALPHABÉTIQUE 591

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

*** Aus den Arbeiten des 2. Kongresses der R.A.P. 537
Gheorghiu N. : Energetische Verwirklichungen im 1. Fünfjahresplan 546
Munteanu G. : Energetische Charakteristik in Abhängigkeit der Produktivität und der umgebenden Temperatur 548
Popescu V. : Berechnung der Kondensatrohrleitungen 557
Rădulescu V. : Elektrische Heizung der Freileitungsleiter zur Verhinderung von Rauhreifbildung 563
Vasilescu M. u. *Luca G.* : Am Rande des Artikels : Verpanzerte Druckstollen in hydroelektrischen Einrichtungen 573
Mociornița C. : Hydrologisches Jahrbuch I.S.P.E. 1952—1953 576

FÜR JUNGINGENIEURE

Stanisavlievici L. : Gegenwärtiges Stadium der Wasservorbereitung in elektrischen Wärmeanlagen 579
WASSERKRAFTTECHNIK IM AUSLAND
Möckesch R. : Der hydrotechnische Knotenpunkt von Tiszalök (Ungarische Volksrepublik) 482
DOKUMENTATION 587
BÜCHERSCHAU 589
ALPHABETISCHES VERZEICHNIS . . . 591

E 2039

ENERGETICA
ŞI
HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul III ★ 1955 ★ Nr. 12 Redacţia: Bucureşti, str. I Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

DIN LUCRĂRILE CONGRESULUI AL II-LEA AL P.M.R.

RAPORTUL DE ACTIVITATE AL C.C. AL P.M.R. LA CONGRESUL AL II-LEA AL PARTIDULUI

RAPORT PREZENTAT DE TOVARĂŞUL GH. GHEORGHIU-DEJ, PRIM SECRETAR AL C. C. AL P. M. R.

(Text prescurtat)

ÎNFĂPTUIREA PRIMULUI PLAN CINCINAL

Tovarăşi,

În anii care au trecut de la congresul de unificare, partidul a organizat, a însufleţit şi a condus oamenii muncii pentru înfăptuirea liniei sale generale de construire a socialismului în Republica Populară Romînă. Sub conducerea partidului, poporul nostru a obţinut succe se măreţe în opera de construire a bazei economice a socialismului.

În perioada premergătoare naţionalizării principalelor mijloace de producţie, industria din Romînia era într-o stare de ruină şi dezorganizare, datorită politicii de retragere a capitalurilor din producţie şi de sabotaj a capitaliştilor.

În ciuda greutăţilor de tot felul, oamenii muncii au urmat cu entuziasm şi încredere partidul lor, înfăptuind sarcinile importante ale primelor planuri anuale şi depăşind la sfîrşitul anului 1949 nivelul producţiei industriale dinainte de război.

În octombrie şi decembrie 1950 plenarele Comitetului Central al Partidului Muncitoresc Romîn au luat două hotărîri de excepţională însemnătate, aprobînd planul de zece ani de electrificare şi planul cincinal de dezvoltare a economiei naţionale 1951—1955, care au format le fapt programul economic al partidului în această perioadă.

Au trecut cinci ani de la aceste date importante din istoria partidului nostru, cinci ani în care am avut de luptat cu mari greutăţi, determinate atît de condiţii obiective (lipsa unor materii prime şi materiale, slaba aprovizionare alimentară), cît şi subiective — experienţa redusă pe care o aveau cadrele noastre în privinţa construcţiei şi gospodăriei economice.

Această perioadă a însemnat pentru partidul nostru şi pentru toţi oamenii muncii o călire în focul luptei de clasă împotriva a numeroşi duşmani experimentaţi şi perfizi; dar aceste greutăţi de creştere şi piedicile puse în calea construirii socialismului au fost înfrînte, datorită elanului şi abnegaţiei oamenilor muncii.

O contribuţie importantă au adus inginerii, tehnicienii, intelectualitatea progresistă; cei mai mulţi dintre ei au înţeles însemnătatea patriotică a operei de reconstrucţie socialistă a economiei şi s-au alăturat maselor muncitoare în această măreaţă operă.

Comitetul Central al Partidului Muncitoresc Romîn poate să raporteze astăzi congresului că datorită muncii însufleţite a clasei muncitoare, a inginerilor şi tehnicienilor, a desfăşurării largi a întrecerii socialiste, la 10 noiembrie a fost înfăptuita sarcina planului cincinal cu privire la volumul producţiei globale industriale pe perioada 1951—1955. *(aplauze puternice prelungite).*

Volumul producţiei industriale în 1955 este de 2,9 ori mai mare decît în anul 1938 şi de 3,4 ori mai mare decît în 1948. Au fost create noi ramuri industriale, care nu existau în Romînia veche: producţia de utilaj petrolifer, de utilaj minier, de utilaj energetic, de tractoare şi maşini agricole, producţia de camioane, sectoare noi ale industriei chimice, extracţia de minereu de uraniu şi altele.

Pe baza proporţiilor fundamentale stabilite de C.C. al P.M.R., în anii puterii populare structura industriei s-a schimbat radical, producţia industriei mijloacelor de producţie a crescut de cca 3,9 ori faţă de 1948, iar producţia obiectelor de consum de 2,9 ori. Putem spune astăzi că industria socialistă în Romînia este o temelie puternică a dezvoltării şi mecanizării întregii economii. Ea înregistrează an de an noi succese în privinţa ridicării nivelului tehnic şi al calităţii producţiei.

Față de prevederile planului cincinal există însă unele rămîneri în urmă la oțel, laminate, cărbuni, cocs, ciment, celuloză, în grupa A. și la unele țesături, la încălțăminte, zahăr, produse lactate, pește, în grupa B.

Pe ansamblu industria noastră s-a dezvoltat într-un ritm accelerat, ritm caracteristic țărilor ce construiesc socialismul și în care noile relații de producție socialiste au devenit motorul dezvoltării rapide a forțelor de producție.

INVESTIȚII

Pentru a obține creșterea însemnată a ramurilor economiei naționale, statul democrat-popular a făcut investiții considerabile.

Analiza îndeplinirii investițiilor în primul cincinal arată că întreaga industrie (inclusiv industria de construcții) a realizat 62,6% din totalul investițiilor față de 53,4% cît fusese prevăzut în plan; în cadrul industriei grupa A. a folosit 50,6% față de 42,1% prevăzute, industria construcțiilor 4.6% față de 2% prevăzute.

Valoarea utilajelor, cu care a fost înzestrată economia națională în cursul primului cincinal, reprezintă peste 25 miliarde lei, din care industria constructoare de mașini a asigurat peste 60%.

In cinci ramuri principale ale industriei și anume: industria petroliferă, energia electrică, siderurgia și industria construcțiilor de mașini și industria chimică s-au concentrat cca. 67%, adică 2/3 din totalul investițiilor din industrie, ceea ce arată direcția principală a investirii fondurilor. Caracteristic pentru atenția pe care partidul și guvernul au acordat-o descoperirii și dezvoltării bazei de materii prime minerale din R.P.R. este faptul că cca. 34% din totalul investițiilor industriale s-au realizat în industria extractivă.

In perioada 1948—1955 s-au construit peste 100 noi fabrici, uzine și alte întreprinderi însemnate. precum și numeroase întreprinderi de interes local; în același timp s-au reconstruit, dezvoltat și dotat cu utilaj modern alte 200 de întreprinderi.

In perioada care s-a scurs au fost alocate investiții importante pentru cercetări tehnico-științifice, creîndu-se 55 institute de cercetări și proiectări ale Academiei R.P.R. și ale ministerelor, în care lucrează 13.000 de cercetători și proiectanți.

DEZVOLTAREA INDUSTRIEI, AGRICULTURII, COMERȚULUI ȘI TRANSPORTURILOR

In toate ramurile industriei socialiste s-au realizat progrese însemnate. Pentru a ilustra creșterea rapidă a producției vom menționa numai cîteva ramuri: industria petroliferă, industria construcțiilor de mașini și energia electrică.

Datorită sprijinului permanent și calificat al inginerilor și tehnicienilor sovietici. muncii entuziaste și perseverente a muncitorilor, inginerilor. tehnicienilor romîni din petrol, industria noastră petroliferă a putut obține în numai cîțiva ani mari succese. Planul cincinal a fost depășit la producție, în 1955, realizîndu-se 10.575.000 tone țiței, cu aproape 600.000 tone peste prevederile planului cincinal și cu aproape 2 milioane mai mult decît cea mai înaltă producție anuală obținută sub regimul burghezo-moșieresc; întreaga producție de țiței se prelucrează în țară. *(aplauze).*

Cadrele noastre din industria petroliferă și-au ridicat mult nivelul cunoștințelor, pe baza studierii lucrărilor tehnice sovietice și pe baza schimbului de experiență cu specialiștii sovietici în petrol.

Ritmul mediu anual de creștere a producției petrolifere s-a dublat față de ritmul maxim de creștere a producției de petrol în Romînia capitalisto-moșierească.

Călăuzindu-se după indicația marelui Lenin cu privire la rolul electrificării, plenara din 26 octombrie 1950 a Comitetului Central al P.M.R. a dezbătut și aprobat planul de electrificare întocmit pentru o perioadă de 10 ani.

După 5 ani de aplicare a planului, putem raporta cu bucurie congresului că obiectivele principale din această perioadă au fost realizate. *(aplauze).* In acești cinci ani au intrat în funcțiune un număr de 20 de centrale electrice noi, puterea disponibilă a fost dublată, realizîndu-se și pasul înainte al electrificării față de celelalte ramuri ale industriei, stabilit de plenară.

Centralele electrice construite permit o rapidă dezvoltare prin adaugirea de noi grupuri electrogene, ceea ce va duce în al doilea cincinal la o sporire și mai rapidă a puterii și a producției de energie, cu eforturi de investiții relativ mai mici.

Dacă regimului burghezo-moșieresc i-au trebuit 14 ani (1925—1938) pentru a instala 329.500 kW., adică în medie 23.536 kW pe an, regimul nostru democrat-popular a realizat numai în cursul primului cincinal o putere instalată de 540.000 kW, adica 108.000 kW pe an.

Au fost construite de 7 ori mai multe linii de 110 kV decît aveam în total în 1950. 60% din puterea instalată în centrale electrice a fost interconectata. Ca urmare a electrificării, gradul de mecanizare a producției și de înzestrare energetica a muncii a crescut. Daca în 1948 consumul de energie electrică pe cap de muncitor industrial era de 1.480 kWh, în 1955 acest consum se ridică la 3600 kWh.

In 1960 vom produce cca 8 miliarde kWh energie, față de 7 miliarde prevăzute în planul de electrificare. Depășirea producției se va face cu cheltuieli de investiții simțitor mai reduse, datorită îmbunătățirilor aduse în mers de către muncitorii, tehnicienii și oamenii de știință, care și-au pus priceperea și entuziasmul lor patriotic în slujba realizarii acestui măreț program al partidului nostru.

In aceste zile, în cinstea congresului nostru, harnicii noștri tuneliști, însuflețiți de elan patriotic, au străpuns tunelul de la Bicaz.

Sîntem astăzi în situația de a putea ataca și executa într-un ritm rapid importante și grele lucrări de construcții de hidro și termocentrale electrice, de stațiuni de transformare, de linii de transport.

In anii puterii populare, datorită grijii partidului și guvernului, au luat ființa și s-au dezvoltat puternice organizații de studii și proiectări, construcții și montaje energetice, cu numeroase cadre tinere.

Industria electrotehnică, creată și dezvoltată de regimul nostru, și-a îndeplinit planul de producție globală pe perioada 1951—1955 încă în luna mai 1955. Ea a devenit o puternică ramură a industriei grele cu fabrici profilate, iar productivitatea muncii a crescut cu 122% față de 1950, atingînd cea mai înaltă creștere dintre toate ramurile industriei noastre. Industria electrotehnică acoperă azi necesitățile economiei naționale de echipament, utilaj și materiale electrotehnice, rămînînd a fi importate numai acelea a căror fabricație în țară nu se justifică din punct de vedere economic.

Trebuie să subliniem că pe lîngă succesele obținute, în ramura energetică și electrotehnică mai persistă și lipsuri serioase, privind: nivelul tehnic al exploatării sistemelor energetice, durata și calitatea reparațiilor, consumul specific de combustibil, pierderile în rețele și altele.

In perioada 1948—1955 s-a dezvoltat rapid și industria constructoare de mașini.

Au fost construite și dezvoltate întreprinderi specializate în producția utilajului petrolifer, minier, a mașinilor agricole, tractoarelor, vagoanelor și locomotivelor, autocamioanelor, cazanelor cu aburi, motoarelor cu combustiune internă, utilajului de construcții și altele.

Producția globală a industriei constructoare de mașini a crescut în 1955 de 4 ori față de 1949. In 1955 se produc de 4,7 ori mai multe motoare cu combustiune internă, de 2,4 ori mai mult utilaj minier, de peste 2 ori mai mult utilaj petrolifer și de aproape 2 ori mai multe mașini agricole decît în 1950.

Dacă în timpul capitaliștilor întregul utilaj petrolifer era importat, azi industria noastră acoperă nu numai toate nevoile țării, dar produce și cantități din ce în ce mai importante de utilaj pentru export.

În industria constructoare de mașini au fost puse în fabricație, în perioada 1949—1955, un număr de circa sute de tipuri de mașini și aparate noi.

Trebuie subliniat însă că în întreprinderile noastre se fabrică numeroase tipuri de mașini care nu corespund tehnicii celei mai înaintate, iar construcția lor necesită prea mult metal; ele determină o productivitate scăzută și o calitate inferioară a produselor din întreprinderile cărora le sînt destinate.

Atenția proiectanților, inginerilor constructori de mașini și tehnologi trebuie să fie îndreptată, în primul rînd, spre examinarea critică a tipurilor de mașini și utilaje pe care le fabrică, spre compararea acestora cu tipurile cele mai perfecționate pe scară mondială, în scopul însușirii și introducerii cu hotărîre a tehnicii celei mai noi.

Numeroasele mașini și utilaje perfecționate ale industriei noastre constructoare de mașini, precum și numărul însemnat de cadre pricepute, crescute în anii primului cincinal, reprezintă o serioasă capacitate de producție care trebuie să fie folosită mai complect în anii următori pentru înzestrarea și ridicarea nivelului tehnic al ramurilor economiei naționale.

Rezultate importante au obținut în primul cincinal și celelalte ramuri ale industriei grele: chimia, metalurgia neferoasă, siderurgia, industria materialelor de construcții, lemnului, celulozei, care de asemenea au realizat ritmuri înalte de creștere

In anii cincinalului s-au dezvoltat în mod simțitor producția bunurilor de consum, producția industriei ușoare și alimentare.

In primul cincinal, partidul și guvernul au dat o atenție deosebită dotării agriculturii cu mijloace mecanizate. In acest scop au fost organizate 16 întreprinderi industriale specializate în construcția tractoarelor și a mașinilor agricole. Au fost puse în fabricație peste 30 tipuri de mașini agricole; unele mașini speciale, îndeosebi combaine și mașini de recoltat, au fost importate din Uniunea Sovietică. Industria noastră este astăzi în măsura să asigure în mare parte mașinile agricole de largă utilizare necesare agriculturii noastre.

Suprafața arabilă a fost mărită de la 9.400.000 ha. la 9.700.000 ha., prin desțelenirea unor pășuni slab productive și prin lucrări de îmbunătățiri funciare. S-au repus în funcțiune parțial și s-au extins lucrările de irigații în regiunile București, Constanța, Galați, Timișoara, Arad, Oradea și altele.

Ca urmare a măsurilor luate pentru dezvoltarea agriculturii, producția prevăzută la cereale în cincinal pentru anul 1955 a fost depășită încă din anul 1954. Sarcina de 10 milioane tone grîu și porumb, stabilită la consfătuirea organizată de C.C. al P.M.R. în februarie a.c., a fost depășită în 1955 cu cca. 1 milion tone cereale.

In domeniul zootehniei, sarcinile de creștere a șeptelului, stabilite în planul cincinal, au fost în general realizate și depășite la porcine și bovine.

Pe baza succeselor obținute de oamenii muncii din industrie, agricultură, transporturi, comerț, a devenit posibilă realizarea în 1954 a unei sarcini deosebit de importante — desființarea sistemului de aprovizionare pe bază de cartele.

Creșterea producției industriale și agrare, precum și a circulației mărfurilor a fost însoțită de dezvoltarea tuturor ramurilor de transport. Traficul feroviar general a crescut de 2,2 ori, față de 1949, transportul cu autovehiculele de 4,7 ori, cel aerian de peste 3 ori.

Din 1948 și pînă în prezent, rețeaua de drumuri naționale s-a îmbunătățit prin modernizarea a peste 1.200 km. drumuri și construcții de poduri în lungime totală de 15.500 m. Totuși, din totalul rețelei de drumuri naționale și regionale, la sfîrșitul anului 1955 numai 15% sînt drumuri moderne.

Poștele și telecomunicațiile au fost de asemenea dezvoltate considerabil.

In domeniul radioficării s-au realizat 11 stații noi de difuzoare de radioficare la orașe și sate, iar producția de aparate de radio a ajuns astăzi la 90.000 aparate pe an.

Acesta este tabloul luminos și măreț al realizărilor noastre în industrie, agricultură, comerț, transporturi în cursul primului cincinal, rodul eroicului uriaș al oamenilor muncii în frunte cu clasa muncitoare *(aplauze prelungite)*

Tovarăși,

Partidul nostru a arătat întotdeauna deschis, în fața întregului popor, nu numai realizările, dar și lipsurile. Dezvăluirea neajunsurilor constituie un factor însemnat în mobilizarea celor ce muncesc în vederea obținerii unor succese tot mai mari în munca și lupta pentru înflorirea economiei și culturii.

Ce lipsuri principale frînează desfășurarea și mai rapidă a construcției noastre economice?

Deși în cîteva ramuri cum ar fi: industria construcțiilor de mașini, a petrolului s-au obținut creșteri însemnate ale productivității muncii, depășindu-se sarcinile planului cincinal, pe ansamblul industriei *productivitatea muncii a crescut numai cu 47,7% în loc de 75%, cît prevedea planul.*

Industria carboniferă a primit în cursul cincinalului investiții de aproape 3 miliarde lei și a fost înzestrată cu un volum important de mașini și mecanisme. Cu toate acestea productivitatea muncii a scăzut în această ramură la 92% față de anul 1950.

Cauza acestei stări de lucruri intolerabilă stă în lipsa de preocupare din partea Ministerului Industriei Cărbunelui și a direcțiilor de mine pentru folosirea din plin a utilajelor și mecanismelor de care dispun minele, pentru introducerea mecanizării complexe a lucrărilor de abataj, încărcare și transport în subteran. Nu se iau măsuri organizatorice pentru generalizarea experienței fruntașilor mineri. Metodele avansate de muncă (abatajele frontale și graficul ciclic) nu sînt aplicate decît în mică măsură.

Organizațiile de partid, sindicale și de tineret nu mobilizează pe muncitori la luptă pentru sporirea productivității muncii, corespunzător cu utilarea tehnică a minelor.

Muncitorii mineri, tehnicienii, inginerii, organizațiile de partid din industria carboniferă nu pot și nu trebuie să se împace cu această situație, căreia trebuie să i se pună capăt cu toată hotărîrea.

In industria siderurgică, alimentară, textilă etc. productivitatea muncii de asemenea n-a crescut decît în mică măsură și a rămas sub prevederile cincinalului.

Principalele cauze ale rămînerii în urmă a productivității muncii sînt slaba preocupare pentru introducerea tehnicii noi, a metodelor înaintate de muncă și a normelor cu motivare tehnică, lipsuri în domeniul organizării muncii, folosirea nesatisfăcătoare a utilajelor și mecanismelor, slaba mecanizare a proceselor grele și cu volum mare de muncă, pierderi din timpul de muncă.

Numai în cursul anului 1954, pierderile de timp productiv în industria republicană ajunge aproape la 9 000 000 de zile/om, din care 5,7 milioane datorită absențelor nemotivate și 2,3 milioane absențelor aprobate de conducerea întreprinderilor. Eliminarea acestor pierderi ar fi permis creșterea suplimentară a productivității cu cca. 5%.

Productivitatea muncii n-a constituit o preocupare permanentă nici a ministerelor, a conducătorilor din întreprinderi, a sindicatelor și nici a organizațiilor de partid.

Avem un număr mare de fruntași în toate ramurile industriei. Nu există astăzi întreprindere fără fruntași. Ei reprezintă o mîndrie a poporului nostru; unii dintre ei lucrează în contul anilor celui de-al 2-lea plan cincinal.

Oare nu este în interesul oamenilor muncii ca odată cu popularizarea fruntașilor să fie mobilizați cei mai luminați muncitori, tehnicieni și ingineri din întreprinderi pentru stabilirea măsurilor organizatorice concrete în vederea generalizării metodelor avansate de muncă?

Fără îndoială că introducerea cu curaj a metodelor înaintate de muncă și de organizare, potrivit cu mărimea întreprinderii și specificul producției, va aduce mari avantaje atît statului cît și colectivelor acestor întreprinderi. In această muncă trebuie să fie antrenate cadrele cele mai experimentate în domeniul organizării, — înzestrate cu serioase cunoștințe practice și tehnico-economice.

O creștere cu numai 1% a productivității muncii în industria socialistă ar da o producție suplimentară în valoare de aproape 450.000.000 lei pe an.

Se știe că normarea tehnică a muncii are o mare importanță pentru creșterea productivității muncii. I. V. Stalin a subliniat că normele tehnice constituie o mare forță regulatoare și organizatoare a producției, că fără norme tehnice nu este posibilă planificarea economiei. Normarea tehnică a muncii încă nu este organizată în mod satisfăcător.

Răspunderea revine conducerii întreprinderilor, comitetelor sindicale și organizațiilor de partid, dar mai ales direcțiilor generale, ministerelor și C.S.P. care nu iau măsuri pentru a pune normarea tehnică pe baze științifice în vederea întăririi efectului stimulativ al normelor, creșterii productivității și reducerii prețului de cost.

De cele mai multe ori se folosesc norme statistice, stabilite pe bază de aprecieri.

Normele tehnice trebuie stabilite în mod științific, corespunzător cu nivelul actual de utilare tehnică a întreprinderilor noastre și al experienței în producție acumulate de masa muncitorilor, norme care evoluează pe măsura progresului tehnic al întreprinderilor. Astfel de norme vor stimula inițiativa și eforturile muncitorilor pentru sporirea masei produselor pe baza creșterii productivității muncii — singura cale de ridicare a nivelului de trai.

Introducerea normelor tehnice, sporirea productivității muncii, precum și îmbunătățirea muncii aparatului administrativ trebuie să ducă la economii de forțe de muncă spre a putea acoperi necesitatea ramurilor care duc o lipsă acută de brațe de lucru. Numai realizarea creșterii productivității muncii prevăzute în 1955 ar fi eliberat cca. 130 mii de muncitori pentru aceste nevoi.

Productivitatea muncii poate și trebuie să facă salturi însemnate prin generalizarea metodelor avansate de muncă, prin folosirea deplină a utilajului, prin întrebuințarea completă a timpului de lucru, prin înlocuirea în procesul tehnologic a ceea ce este învechit și introducerea cu hotărîre a tehnicii noi.

In vederea creșterii rapide a productivității muncii, accentuării caracterului stimulativ al normelor și al sistemului de salarizare, va fi necesar să se înființeze un organ de specialitate — Comitetul pentru problemele de muncă și salarii — pe lîngă Consiliul de Miniștri.

Industria noastră dispune de rezerve uriașe pentru *reducerea prețului de cost.*

Nerealizarea sarcinii de reducere cu 23% a prețului de cost pe întreaga industrie a lipsit economia națională în cursul cincinalului de importante economii.

Reducerea numai cu 1% a prețului de cost în industria republicană reprezintă, în 1955, aproape 320 000 000 lei. Pe ramuri, prin reducerea cu 1% a prețului de cost s-ar putea obține în industria electroenergetică peste 20 000 000 kWh. energie electrică, în industria carboniferă aproape 100 000 tone cărbune, în industria siderurgică 21 000 tone fontă, sau aproape 21 000 tone oțel Siemens Martin, în industria forestieră aproape 110 000 m³ bușteni de gater de fag, sau peste 43 000 m³ de cherestea rășinoasă, în industria textilă peste 5 600 000 m. țesături de bumbac, în industria încălțămintei cca 216 000 perechi de pantofi bărbătești.

Reducerea prețului de cost trebuie privită ca o problemă centrală a întregii organizări a producției, trebuie să devină o preocupare vie și permanentă a ministerelor, a direcțiilor generale, a conducerilor întreprinderilor, a organelor și organizațiilor de partid, a comitetelor sindicale, a fiecărui om al muncii și în primul rînd a fiecărui comunist.

Avem încă multe de făcut pentru îmbunătățirea *calității producției.* Este necesar să se țină seama că cerințele consumatorilor au crescut — azi trebuie să dai produse ieftine și de calitate bună. Or, sînt încă conducători de întreprinderi care nu se gîndesc întotdeauna la piață, nu au în vedere că scopul producției este satisfacerea nevoilor economiei și ale oamenilor muncii la un nivel din ce în ce mai ridicat și că producția nu este un scop în sine, că nu este suficient să realizezi sarcina producției globale, atunci cînd nu ai realizat producția-marfă în sortimentele și calitatea cerută de consumatori.

De cele mai multe ori calitatea necorespunzătoare a produselor se datorește lipsei de pregătire tehnică amănunțită înainte de punerea în fabricația de serie a produselor. Unele întreprinderi de construcții de mașini și electrotehnice lansează în fabricație produse a căror documentație tehnologică nu a fost pusă la punct, nu verifică și nu experimentează prototipurile, nu corectează deficiențele în pregătirea tehnică, înainte de lansarea producției de serie.

Calitatea producției, cheltuielile de producție, folosirea deplină a capacității de producție sînt determinate în mare măsură de profilarea, specializarea și cooperarea întreprinderilor.

CREȘTEREA VENITULUI NAȚIONAL ȘI A NIVELULUI DE TRAI IN PERIOADA 1948—1955

Tovarăși,

Succesele obținute în toate ramurile economiei naționale au avut drept urmare o importantă sporire a venitului național și o îmbunătățire a nivelului de trai material și cultural al oamenilor muncii de la orașe și sate.

Astăzi, spre deosebire de trecut, venitul național creat de poporul muncitor servește la dezvoltarea economiei și culturii socialiste.

Venitul național al Republicii Populare Romîne a crescut în 1955 de peste două ori și jumătate față de 1948 și aproximativ de 2 ori mai mult decît în 1938.

In primul plan cincinal, aproximativ trei sferturi din venitul național a fost repartizat ca fond de consum pentru folosința oamenilor muncii de la orașe și sate, pentru satisfacerea nevoilor materiale și culturale, iar restul de un sfert a fost destinat pentru fondul de acumulare, care a asigurat în această perioadă dezvoltarea producției industriale și agricole, a transporturilor și circulației mărfurilor, precum și dezvoltarea culturii în folosul poporului muncitor.

Regimul democrat-popular a asigurat pe deplin dreptul la muncă, prin crearea de noi fabrici și uzine, șantiere, stațiuni de mașini și tractoare, gospodării agricole de stat, instituții de învățămînt și de cercetări științifice, de sănătate și de cultură.

In anii 1951—1955, economia, cultura și sănătatea publică au primit cca. 97 000 cadre medii tehnice și aproape 50 000 de cadre cu pregătire superioară. Imensa majoritate a muncitorilor cărora li s-a încredințat de către partid conducerea întreprinderilor naționalizate și-au însușit cunoștințele tehnice și economice necesare; mulți dintre ei au urmat cursuri de specialitate și au devenit ingineri, fiind la înălțimea încrederii acordate.

O mare însemnătate în îmbunătățirea pregătirii profesionale a muncitorilor calificați și a maiștrilor a avut-o hotărîrea din anul acesta a partidului și guvernului, hotărîre prin care învățămîntul profesional a fost legat de producție, de întreprinderi.

Salariul real al muncitorilor a crescut în 1955 cu 28% față de anul 1950, pe calea creșterii salariului mediu și pe calea reducerii prețurilor bunurilor de larg consum.

În 1955 statul a cheltuit pentru acțiunile social-culturale de cîteva ori mai mult decît în 1938, iar în perioada 1948—1955 s-au cheltuit 32,6 miliarde lei pentru învățămînt și burse, asistență medicală, pentru odihna oamenilor muncii și a copiilor lor, pentru înflorirea artei și literaturii.

In afară de această sumă, pentru asigurarea dezvoltării bazei materiale a culturii, învățămîntului, sănătății și sportului, în cursul primului nostru plan cincinal s-au investit peste 3,5 miliarde lei. S-au construit școli, institute pentru pregătirea cadrelor superioare și pentru cercetări științifice, teatre, cinematografe, muzee, cămine culturale, spitale, dispensare și terenuri sportive.

Invățămîntul a luat o mare dezvoltare, transformîndu-se fundamental atît în ce privește organizarea cît și conținutul.

Numărul școlilor elementare și medii a crescut, îndeosebi al școlilor de 7 ani în centre muncitorești și la sate. Mase importante de elevi au fost cuprinse în școli. A crescut numărul facultăților și al institutelor și s-a mărit numărul studenților. Conținutul învățămîntului a fost simțitor îmbunătățit; au fost perfecționate metodele de predare; s-a îmbunătățit compoziția socială a elevilor și s-a creat o nouă atitudine față de studiu. S-a intensificat munca de perfecționare a cadrelor didactice.

Au fost create condiții de studiu și pentru oamenii aflați în producție. S-au înființat școli pentru tineretul muncitoresc și a luat avînt învățămîntul fără frecvență, care permite oamenilor muncii să facă studii medii și superioare fără să părăsească producția.

Azi, în Republica Populară Romînă, sînt asigurate cele mai largi condiții dezvoltării învățămîntului minorităților naționale în limba maternă.

In învățămîntul superior a fost organizată cercetarea științifică, care în ultimii ani se dezvoltă cu avînt.

DEZVOLTAREA ECONOMIEI NAȚIONALE IN PERIOADA CELUI DE AL II-LEA CINCINAL

Tovarăși,

Congresul nostru va dezbate proiectul de directive pentru cel de-al doilea plan cincinal de dezvoltare a economiei naționale a R.P.R.

Sarcina fundamentală a celui de-al doilea plan cincinal este făurirea economiei socialiste unitare în care, pe baza dezvoltării continue a industriei socialiste, să se asigure transformarea socialistă a agriculturii, astfel că în 1960 sectorul socialist în agricultură să fie preponderent, atît ca suprafață cît și ca producție-marfă.

Obiectivele politico-economice ale celui de-al doilea plan cincinal sînt următoarele:

a) Dezvoltarea economiei naționale a Republicii Populare Romîne în scopul ridicării necontenite a nivelului de trai și de cultură al oamenilor muncii de la orașe și sate;

b) Dezvoltarea cu prioritate a industriei mijloacelor de producție și îndeosebi a acelor ramuri ale industriei grele care au asigurată baza de materii prime în țară: industria petrolului, chimică, energetică, siderurgică, metalelor colorate, cărbunelui.

In industria constructoare de mașini se va pune un accent deosebit pe dezvoltarea producției de serie, prin cooperarea și specializarea întreprinderilor;

c) Ridicarea nivelului tehnic în toate ramurile economiei naționale și obținerea unei creșteri considerabile a productivității muncii în industrie, transporturi, prin:

— Folosirea mai completă a capacităților de producție existente și perfecționarea utilajelor, mașinilor și agregatelor în funcțiune.

— Introducerea treptată a tehnicii noi și a procedeelor tehnologice superioare, începînd cu întreprinderile care au un rol determinant în ramura de producție respectivă. In acest scop: se vor generaliza metodele avansate de muncă folosite de fruntașii în producție; în domeniul perfecționării tehnologiei se vor introduce cu perseverență mecanizarea complexă și automatizarea proceselor de producție în principalele întreprinderi; o atenție deosebită se va da creșterii accentuate a indicilor de folosire a utilajelor.

— Dezvoltarea producției în serie, prin specializarea și cooperarea întreprinderilor, îndeosebi în industria constructoare de mașini și industria electrotehnică, pîrghiile principale de utilare a economiei naționale cu mașini, utilaj, agregate și aparate perfecționate.

Rezultatul acestor măsuri trebuie să fie o reducere simțitoare a cheltuielilor de producție și de circulație în economie.

d) Sectorul socialist în agricultură să reprezinte aproximativ 60—70% din producția marfă agricolă vegetală și animală; sporirea producției agricole vegetale și animale, atît în sectorul socialist, cît și în sectorul micii producții de mărfuri, prin mecanizare și folosirea îngrășămintelor chimice, prin creșterea randamentelor la hectar prin dezvoltarea irigațiilor și prin sporirea suprafeței arabile și agricole; mărirea productivității muncii în agricultură, micșorîndu-se cantitatea de muncă cheltuită pe unitate de produs agricol.

e) Dezvoltarea industriei bunurilor de consum (republicane și locale), pe baza materiilor prime, precum și prin folosirea din ce în ce mai largă a fibrelor sintetice și a maselor plastice fabricate în țară; îmbunătățirea simțitoare a calității și sortimentelor mărfurilor;

f) Dezvoltarea comerțului de stat și cooperatist, intensificarea schimburilor de mărfuri între orașe și sate, între sectorul socialist de stat și sectorul micii producții de mărfuri;

g) Intensificarea mișcării cooperatiste a micilor producători de mărfuri din sate și din orașe, atît prin cooperația de consum cît și prin cooperația de producție meșteșugărească;

h) Lărgirea și consolidarea bazei materiale a culturii, învățămîntului, sănătății, educației științifice, culturii fizice și sportului.

Acestea sînt principiile directoare, pe baza cărora se va desfășura în al doilea plan cincinal activitatea oamenilor muncii sub conducerea partidului, în vederea continuei dezvoltări a economiei și culturii, a construirii socialismului în patria noastră *(aplauze puternice)*.

PLANUL LUCRĂRILOR CAPITALE

Creșterea neîncetată a industriei și transporturilor, întărirea și lărgirea sectorului socialist în agricultură, crearea condițiilor pentru ridicarea continuă a nivelului material și cultural al poporului pot fi obținute prin folosirea mai completă a mijloacelor de producție existente și prin executarea unui volum important de lucrări capitale.

In perioada celui de-al doilea cincinal se prevede executarea unui volum de lucrări capitale de cca. 105—110 miliarde lei față de cca. 63 miliarde lei în prețuri comparabile în perioada 1951—1955, deci cu cca. 67—75% mai mare decît în primul plan cincinal.

Proporția principală în privința repartiției investițiilor pe ramuri constă în prioritatea dezvoltării industriei față de celelalte ramuri ale economiei naționale, iar în cadrul industriei, a industriei grele față de industria bunurilor de consum.

In al doilea plan cincinal, majoritatea fondurilor de investiții industriale vor fi îndreptate spre industria petrolului și a gazelor, industria chimică, siderurgică, energiei electrice, cărbunelui și a minereurilor neferoase. Aceste ramuri principale vor primi cca. 75% din totalul investițiilor industriale.

Importante sume vor fi alocate pentru tehnică și știință, pentru introducerea tehnicii noi în industrie, agricultură, transporturi, comerț, gospodărie comunală; de asemenea, pentru cercetări în domeniul aplicării energiei nucleare în scopuri pașnice.

Proporția volumului total al lucrărilor capitale în venitul național, pe perioada 1956—1960, va fi de aproximativ 23%.

DEZVOLTAREA INDUSTRIEI R.P.R. INTRE 1956—1960

In cel de-al doilea plan cincinal, creşterea producţiei globale industriale va fi de 60—65%, din care creşterea industriei mijloacelor de producţie de 70—75%, iar creşterea industriei bunurilor de consum de 50—55%.

Producţia marfă industrială trebuie să corespundă sporirii producţiei globale, astfel ca în 1960 producţia-marfă industrială să depăşească procentul de 160—165% faţă de 1955. Creşterea medie anuală a producţiei industriale în preţuri constante va fi de 10,0—10,5% din care 11,0—11,5% la sectorul I, (industria mijloacelor de producţie) şi de 8,5—9% la sectorul II, (industria bunurilor de consum). Corelaţia între creşterea acestor sectoare reflectă procesul de industrializare socialistă.

In anul 1960, producţia principalelor mijloace de producţie va creşte faţă de anul 1955 la:

	Creşterea prod. faţă de 1955
— energie electrică	cu 80—85%
— ţiţei	cu 28%
— cărbune	cu 80—90%
— gaz metan	de 2 6 ori
— minereu de fier	de 1,8—2 ori
— minereu de mangan	cu 40%
— cocs metalurgic	de cca. 5 ori
— fontă	de 2 ori
— oţel	de 2—2 2 ori
— laminate finite	cu 85—90%
— instalaţii de foraj	de peste 4 ori
— cazane cu aburi industriale	de cca. 2 ori
— motoare cu combustie internă	de 2 8—3 ori
— locomotive cu aburi	de 2,5 ori
— vagoane de marfă şi cisterne cale normală	de cca. 2 ori
— autocamioane	de cca. 5 ori
— motoare electrice	de 2,5—2,7 ori
— transformatori	de cca. 2,8 ori
— generatori electrici	de 2,4 ori
— produse sodice	de cca. 4 ori
— clor	de 4,5—5,5 ori
— acid sulfuric	de cca. 2 3 ori
— îngrăşăminte chimice	de cca. 4,2 ori
— mase plastice, fire şi fibre sintetice (prod. 1960) 16—17 000 tone	
— plăci fibro-lemnoase şi aglomerate (prod. 1960) 90.000—95.000 tone	

Din acest tabel rezultă creşterea însemnată în cel de-al doilea cincinal a producţiei industriei grele şi îndeosebi a industriei chimice şi siderurgiei. Ca urmare a noilor unităţi ce se vor crea, vom produce pentru prima dată în ţara noastră mase şi fibre sintetice, precum şi unele materiale pentru înlocuirea lemnului.

In industria siderurgică se vor termina lucrările începute în primul cincinal şi se vor da în funcţiune însemnate capacităţi noi de producţie: 400 000 tone cocs pe an, la Hunedoara (2 noi baterii, în afară de prima baterie pusă în funcţiune), 700.000 tone oţel S.M./an, în oţelăria nouă, 930.000 tone semifabricate/an (blumuri ţagle), 615.000 tone laminate finite; se va spori considerabil producţia de ţevi, prin intrarea în funcţiune a laminorului de la Roman.

Tovarăşi,

Ţara noastră are toate condiţiile necesare pentru dezvoltarea unei puternice industrii chimice.

In primul rînd, Romînia are însemnate bogăţii naturale de ţiţei, gaz metan, cărbune, stuf, lemn, sare, minereuri neferoase şi nemetalifere, care constituie o bază bogată şi variată pentru dezvoltarea industriei chimice.

In al doilea rînd, avem cadre competente şi entuziaste de ingineri şi specialişti în chimie, care-şi ridică neîncetat nivelul cunoştinţelor tehnico-ştiinţifice. S-a creat posibilitatea de a acoperi nevoile de forţe de muncă ale industriei chimice prin pregătirea lor în întreprinderile şi institutele chimice existente, precum şi în ramurile înrudite.

In al treilea rînd, este asigurată energia electrică necesară prelucrării acestor valoroase bogăţii naturale şi îndeosebi energia electrică ieftină produsă de hidrocentrale.

In al patrulea rînd, industria construcţiilor de maşini existentă în ţara noastră poate realiza o mare parte din sarcina de construire a instalaţiilor şi agregatelor necesare industriei chimice.

O condiţie de cea mai mare însemnătate este ajutorul prietenesc al ţărilor lagărului socialist şi în primul rînd al Uniunii Sovietice, care are o puternică industrie chimică înzestrată cu tehnica cea mai nouă şi este mare producătoare de utilaj chimic.

Toate aceste condiţii asigură posibilitatea dezvoltării în ritm accelerat a industriei chimice în R.P.R.

In primul cincinal, producţia industriei chimice a crescut de aproape trei ori.

In anii ce urmează vom dezvolta ramurile principale ale industriei chimice şi în primul rînd industria petrochimică, ramură importantă care prelucrează chimic produsele petrolifere.

Gazele de rafinărie, rezultate din prelucrarea petrolului, sînt folosite astăzi drept combustibil. In 1955, valoarea gazelor de rafinărie care s-au consumat drept combustibil reprezenta doar 45 milioane lei; dacă aceeaşi cantitate de gaze ar fi fost prelucrată în produse chimice s-ar fi obţinut o producţie de 800 milioane lei.

Folosind gazele de cracare din industria petroliferă se va construi un mare combinat de cauciuc sintetic, cu o capacitate de 50.000 tone/an, care va da în 1960 o producţie de 10 000 tone. In afară de cauciuc, acest combinat va produce o serie de alte semifabricate valoroase, necesare industriei chimice.

Prin industria petrochimică se vor valorifica la un nivel înalt toate derivatele petrolifere şi se va obţine, pe lîngă benzine şi uleiuri superioare celor produse azi, şi o gamă mare de produse chimice necesare industriei şi agriculturii.

Gazul metan va fi folosit mai mult decît pînă acum ca materie primă pentru industria chimică. El este cea mai ieftină materie primă pentru fabricarea maselor plastice şi pentru industria îngrăşămintelor azotoase, care vor fi produse în cantităţi însemnate.

Pentru realizarea unor recolte bogate, industria chimică va produce în anul 1960 de 4—5 ori mai multe îngrăşăminte minerale şi va lărgi cantitativ şi pe sortimente producţia chimicalelor necesare combaterii dăunătorilor din agricultură.

Se vor produce noi coloranţi, de calitate superioară, se va lărgi gama de produse chimico-farmaceutice, acordîndu-se o atenţie deosebită antibioticelor.

O altă ramură a industriei chimice, industria de celuloză, se va dezvolta în al doilea cincinal pe baza folosirii unei noi materii prime: stuful din Delta Dunării.

Dezvoltarea industriei chimice va permite realizarea unor noi şi însemnate materii prime pentru producţia bunurilor de consum popular, astfel, fibrele sintetice, care vor putea înlocui mătasea, lîna şi bumbacul, sînt în multe privinţe superioare fibrelor naturale.

Producţia industriei chimice, în această perioadă, urmează să crească de cel puţin 2,5—3 ori faţă de anul 1955.

In cursul anului 1956 se va întocmi un program de dezvoltare a industriei chimice pentru o perioadă de 10—15 ani.

Industria petrolului va continua să crească pe baza lărgirii însemnate a forajului de explorare şi exploatare, asigurînd nevoile economiei şi exportul. Vom da o atenţie sporită măririi rezervelor şi valorificării superioare a ţiţeiului, prin construirea unor importante capacităţi de prelucrare, dotate cu tehnică modernă.

Producţia de gaz metan se va mări la cca. 10 miliarde m³ pe an. Se vor construi conducte principale, care vor alimenta Moldova, Banatul şi Ardealul.

Rămînerea în urmă a industriei cărbunelui cu cca 2 milioane tone, față de nivelul prevăzut pentru 1955, va trebui să fie lichidată, punîndu-se accent deosebit pe exploatarea în cariere, mecanizarea și ușurarea muncii în subteran, mărirea producției de cărbune cocsificabil, astfel ca în 1960 producția de cărbune să ajungă la 11—11,6 milioane tone/an.

Paralel cu dezvoltarea producției de combustibil vor trebui luate măsuri serioase pentru o mai rațională folosire a acestuia în interesul întregii economii.

In cursul celui de-al doilea cincinal vor lua un avînt și mai mare lucrările de electrificare a țării.

Vor fi extinse centralele construite în primul cincinal; se vor construi noi hidro și termocentrale. Puterea instalată va crește cu cca. 700.000 kW, din care 200.000 kW în centrale hidroelectrice și cca. 500.000 kW în centrale termoelectrice.

La hidrocentrala „V. I. Lenin" de la Bicaz se va executa întregul volum de construcții care va permite intrarea ei în funcțiune la sfîrșitul celui de-al doilea cincinal cu o putere de 110 mii kW., iar la începutul celui de-al treilea cincinal, sporirea puterii ei cu încă 100 mii kW.

Gradul de interconexiune a centralelor va crește, în 1960, pînă la 80—85% din puterea instalată; se va extinde termoficarea industrială și se va începe termoficarea urbană, ceea ce va contribui la reducerea consumului specific de combustibil în centralele Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice de la 650 la 500 gr. combustibil convențional pe kWh.

Vor trebui să fie extinse studiile, cercetările și lucrările pentru amenajarea potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă interioare, precum și studiile cu privire la amenajarea Dunării, care reprezintă pentru noi, ca și pentru celelalte țări riverane cea mai importantă sursă de energie hidraulică.

O ramură nouă a industriei extractive a fost creată în anii primului cincinal: *industria minereului de uraniu.* Această bogăție uriașă a țării noastre constituie baza dezvoltării în viitor a producției de energie nucleară și va contribui la lărgirea considerabilă a resurselor energetice ale economiei noastre.

Cu ajutorul Uniunii Sovietice se construiește în prezent centrul nostru de cercetări nucleare, în cadrul căruia se vor pune în funcție în anul viitor un reactor de 2.000 kW și un ciclotron de 12,5 mega-electroni volți, instalații care vor servi la producerea de izotopi radioactivi pentru cercetări și aplicații în chimie, metalurgie, medicină, biologie. De asemenea, vom pregăti cadre calificate în tehnica nucleară și aplicațiile ei.

Oamenii noștri de știință au marea cinste și sarcină de a contribui la rezolvarea problemelor legate de producția energiei atomice, în primul rînd în scopul producției de energie electrică

In al doilea plan cincinal se vor deschide noi mine și se va dezvolta capacitatea de prelucrare în industria *metalelor colorate.* Vor trebui îmbunătățite metodele de extracție a metalelor din minereuri și îndeosebi a metalelor prețioase.

Industria construcțiilor de mașini și industria electrotehnică își vor dezvolta simțitor producția în cel de-al doilea plan cincinal, prin folosirea capacităților de producție existente, luptînd cu hotărîre pentru ridicarea nivelului tehnic al produselor. Unele mașini și utilaje, care nu mai corespund din punct de vedere al productivității, al consumului de materiale necesare executării lor cît și al prețului de cost, determinînd la rîndul lor un nivel tehnic scăzut în ramurile cărora le sînt destinate, vor trebui să fie înlocuite cu tipuri moderne, perfecționate. Trebuie să îndreptăm cu hotărîre atenția întreprinderilor către examinarea critică și perfecționarea neîntreruptă a produselor principale din profilul întreprinderilor, produse care pot fi fabricate în serie mare

Se va dezvolta capacitatea de producție a fabricii de autocamioane, care va trebui să ajungă pînă la 30.000 bucăți pe an.

Se vor produce de cca. 2 ori mai multe utilaje petrolifere și de cca. 2,5 ori mai multe utilaje miniere.

Industria electrotehnică va trece la fabricarea în serie a transformatorilor și aparatajului de 110 kV; pentru dezvoltarea transportului în comun, se va spori producția de tramvaie și de troleibuse.

In industria materialelor de construcții se vor pune în funcțiune noi capacități pentru producția de ciment, blocuri și cărămizi, silico-calcare, blocuri de zgură, de beton celular, țigle din ciment, var etc., pentru asigurarea volumului important de lucrări de construcție.

In industria lemnului se va pune accentul pe valorificarea mai bună a masei lemnoase, prin punerea în funcțiune de instalații de plăci aglomerate și alți înlocuitori de lemn. Trebuie luate măsuri pentru reducerea deșeurilor și pierderilor din pădure și din prelucrare.

De asemenea, va trebui extinsă utilizarea esențelor tari, cum este fagul, în scopul economisirii rășinoaselor.

In fața industriei construcțiilor stau sarcini mari în cel de-al doilea plan cincinal. Volumul construcțiilor va crește cca. de 2 ori.

In cursul primului cincinal, *industria construcțiilor* a făcut progrese însemnate. Constructorii noștri au înălțat în toate regiunile țării numeroase fabrici și uzine, instituții de cultură, de învățămînt și de sănătate. Nivelul tehnic al acestor importante ramuri economice a crescut simțitor. Cu toate succesele obținute, se manifestă o preocupare insuficientă față de producția și folosirea prefabricatelor de beton, ceea ce duce la un consum exagerat de material lemnos și la încetinirea procesului de industrializare a construcțiilor.

Lipsuri însemnate persistă încă în organizarea șantierelor, în folosirea judicioasă a materialelor. Utilizarea slabă a parcului de utilaj de construcții, cu care au fost înzestrate întreprinderile, aduce după sine o sporire nejustificată a cererilor de forțe de muncă și contribuie la realizarea într-un ritm nesatisfăcător a lucrărilor și la menținerea unui preț de cost ridicat.

Unii proiectanți și arhitecți nu acordă atenția cuvenită soluțiilor celor mai ieftine, mai durabile și confortabile.

Conducerile unor institute de proiectare manifestă o atitudine nejustă față de proiectele tip, care economisesc munca de proiectare, duc la ieftinirea lucrărilor și asigură la timp documentația necesară șantierelor.

Tovarăși,

In perioada celui de-al doilea cincinal, producția bunurilor de consum, producția industriei ușoare și alimentare va trebui să crească cu cca. 50% față de nivelul atins în 1955

Se vor produce în 1960

cu cca. 45% mai multe textile
cu cca. 45% mai multă încălțăminte
de cca. 3 ori mai multe biciclete
de 2 ori mai multe obiecte de menaj
cu cca. 65% mai multă carne
de cca. 3 ori mai multă slănină
cu 40—45% mai mult pește
de cca. 2 ori mai mult unt
de cca. 2,2 ori mai mult zahăr
cu cca. 75% mai multe paste făinoase.

In cursul celui de-al doilea plan cincinal, productivitatea muncii trebuie să crească în industrie cu cel puțin 45—50%.

Prețul de cost în industria republicană va trebui să fie, în anul 1960, cu cel puțin 15—20% mai mic decît în 1955, iar în construcții, cu cel puțin 20%. Realizarea acestor sarcini va aduce în anii cincinalului economii de ordinul a 25 miliarde lei în industrie și aproape 7 miliarde lei în construcții.

DEZVOLTAREA TRANSPORTURILOR ŞI TELECOMUNICAŢIILOR

Pentru a corespunde necesităţilor economiei, traficul de mărfuri va trebui să atingă în 1960 un nivel de 150—155% faţă de 1955.

Căile ferate vor fi înzestrate cu instalaţii moderne de centralizare electro-dinamică, cu blocuri de linie automate, cu instalaţii de mecanizare a triajelor, precum şi cu instalaţii de încărcare şi descărcare în staţii.

O atenţie deosebită se va da înzestrării parcului cu vagoane frigorifere pentru asigurarea transporturilor de mărfuri perisabile.

În scopul unei întreţineri mai bune a materialului rulant este necesar ca în al doilea cincinal să se treacă la înzestrarea atelierelor şi depourilor cu utilaje moderne de mare randament şi să se reorganizeze reparaţiile pe bază de flux tehnologic.

TRANSFORMAREA SOCIALISTĂ A AGRICULTURII

Tovarăşi,

Plenara din 3—5 martie 1949 a Comitetului Central al partidului nostru a trasat linia politică pentru întărirea alianţei clasei muncitoare cu ţărănimea muncitoare şi transformarea socialistă a agriculturii. În faţa partidului, a clasei muncitoare, plenara a pus sarcina îngrădirii posibilităţilor de exploatare ale chiaburimii şi desfăşurarea unei largi activităţi politice pentru a convinge ţărănimea muncitoare să treacă, pe baza liberului ei consimţământ, la agricultura socialistă.

Gospodăriile colective şi întovărăşirile agricole au o suprafaţă de peste 1.320.000 ha., iar asociaţiile simple o suprafaţă de 43.000 ha.

Suprafaţa arabilă a sectorului socialist din agricultură, faţă de întreaga suprafaţă arabilă a ţării, a crescut de la 12% în 1950 la 26,5% la sfîrşitul anului 1955. Dacă luăm însă în consideraţie suprafaţa agricolă — în care sînt cuprinse nu numai suprafaţa arabilă, ci şi păşunile, fîneţele naturale, viile şi livezile, sectorul socialist din agricultură reprezintă astăzi peste o treime din întreaga suprafaţă agricolă a ţării.

Masele largi de ţărani muncitori au pornit cu încredere pe drumul arătat de partid. Înfiinţînd pînă acum un număr de 6.325 gospodării colective şi întovărăşiri agricole, care cuprind peste 382.000 familii, precum şi cca. 3.000 asociaţii pentru culturile tehnice, care cuprind aproape 80.000 familii. Aproape 14% din numărul total al gospodăriilor ţăranilor muncitori fac parte din aceste forme socialiste şi semisocialiste de cooperare în producţia agricolă.

În agricultură există în prezent 221 staţiuni de maşini şi tractoare ale statului cu peste 30.000 tractoare (exprimate în tractoare convenţionale de 15 C.P.), peste 1.500 autocombine, peste 15.000 batoze şi alte maşini şi utilaj agricol.

Socialismul a cucerit la sate poziţii puternice, care deschid perspectivele înaintării într-un ritm mai accelerat pe calea transformării socialiste a agriculturii.

Sprijinindu-se pe creşterea bazei tehnico-materiale a agriculturii şi pe creşterea sectorului socialist, oamenii muncii din agricultură au obţinut însemnate succese în lupta pentru lichidarea stării de înapoiere şi degradare a agriculturii moştenită de la regimul burghezo-moşieresc. În ansamblul ei, *producţia agricolă a depăşit nivelul producţiei agricole din 1938, considerat a fi anul cu cea mai mare producţie obţinută de România burghezo-moşierească.*

Producţia globală de cereale realizată în anul 1955 este de aproape 12 milioane tone, faţă de aproape 9 milioane tone în anul 1938. Dacă luăm producţia totală pe cinci ani, constatăm că producţia totală de cereale realizată în anii 1951—1955 depăşeşte cu 1 000 000 tone producţia anilor 1935—1939. *S-a depăşit cu peste 3 milioane de tone producţia prevăzută în planul cincinal pentru anul 1955 la cereale panificabile şi porumb la un* loc. Acesta este un succes al oamenilor muncii din agricultură, un suces al partidului nostru.

Tovarăşi,

Obiectivul principal în agricultură în cel de-al doilea plan cincinal este creşterea considerabilă a producţiei agricole-marfă şi, în primul rînd, creşterea producţiei-marfă provenite din sectorul socialist al agriculturii. La sfîrşitul celui de-al doilea plan cincinal, cantitatea de produse agricole-marfă provenită din sectorul socialist al agriculturii va trebui să fie de 60—70% din întreaga producţie marfă-agricolă.

Condiţia hotărîtoare pentru avîntul tuturor ramurilor producţiei agricole — în special al creşterii animalelor — o constituie dezvoltarea considerabilă a producţiei de cereale-marfă. Pînă la sfîrşitul celui de-al doilea plan cincinal trebuie să ajungem la producţia anuală de *cel puţin 15 milioane tone cereale, din care grîu şi secară cel puţin 5,5 milioane tone.* Sporirea producţiei totale de cereale trebuie şi poate fi obţinută prin sporirea producţiei le hectar şi prin sporirea suprafeţelor cultivate cu porumb, astfel încît să se ajungă în 1960 la o suprafaţă de cca. 4 milioane hectare cultivate cu porumb şi la o producţie anuală de cca. 8—9 milioane tone porumb.

În cursul celui de-al doilea plan cincinal trebuie să obţinem sporuri însemnate de producţie la cartofi, sfeclă de zahăr, legume, bumbac, floarea-soarelui, cînepă şi in pentru fuior, pentru aprovizionarea cu materii prime a filaturilor de in şi cînepă care vor intra în funcţiune în al doilea cincinal etc.

O mare atenţie trebuie să acordăm în cursul anilor următori viticulturii şi pomiculturii, una din marile bogăţii ale ţării. Viile ocupă o suprafaţă de 227 000 ha. din care 28 500 ha. sînt ale statului.

În ramura creşterii animalelor, deosebit de importantă este dezvoltarea creşterii bovinelor, astfel încît la sfîrşitul anului 1960 să se ajungă la 5 milioane capete. Trebuie stimulată, în special dezvoltarea creşterii vacilor.

Esenţial pentru dezvoltarea economiei naţionale şi ridicarea nivelului de viaţă al poporului muncitor este nu numai creşterea producţiei agricole la hectar, ci şi creşterea productivităţii muncii agricole. Specialiştii din agricultură din ţara noastră confundă adeseori producţia condiţiile economice în care are loc producţia şi termină prin a ne da o producţie cu un preţ de cost ridicat. Or, nu este tot una dacă la o producţie medie la hectar de 2 000 kg. porumb s-au lucrat 35 zile-om la hectar sau numai 10 zile-om. Preţul de cost în agricultură este încărcat de risipa de forţă de muncă de aparatul administrativ umflat din gospodăriile de stat şi S.M.T.-uri, de nivelul încă redus al mecanizării şi de utilizarea necomplectă a utilajului existent.

Sarcina care stă în faţa noastră este de a asigura progresul tehnic în agricultură, prin mecanizarea şi chimizarea agriculturii, *pentru a spori producţia la hectar şi productivitatea muncii şi a reduce continuu cheltuielile de producţie în agricultură.* Dezvoltarea masivă a agriculturii nu poate fi concepută fără mecanizarea principalelor procese de producţie din toate ramurile agriculturii. Numărul staţiunilor de maşini şi tractare va creşte an de an, astfel că în 1960 va ajunge la cca. 380; reţeaua de staţiuni se va lărgi simţitor în regiunile mari producătoare de cereale, Constanţa, Galaţi, Bucureşti, Craiova, Timişoara, Arad şi altele.

Pînă la sfîrşitul celui de-al doilea plan cincinal, capacitatea parcului de tractoare al S.M.T.-urilor şi gospodăriilor de stat se va mări pînă la cca. 37 000 tractoare convenţionale de 15 h.p. din care pentru prăşit 17 000, trebuie să se asigure sporirea randamentului anual pe tractor convenţional astfel ca volumul lucrărilor să ajungă în anul 1960 la peste 12 milioane hectare arătură normală.

Pentru a se obţine recolte mari trebuie să se introducă pe scară largă mecanizarea lucrărilor de însămînţare,

îngrijire şi recoltare a porumbului, florii-soarelui, cartofului şi aplicarea metodelor agrotehnice înaintate şi rentabile din punct de vedere economic; să se extindă recoltatul mecanic al sfeclei de zahăr, al plantelor de nutreţ şi să se mecanizeze pe o scară largă însilozarea nutreţurilor, mulsul vacilor, tunsul oilor şi alte lucrări din sectorul zootehnic, care necesită un mare volum de muncă.

Paralel cu mecanizarea trebuie să dăm o mare atenţie electrificării unor lucrări agricole care cer un volum mare de muncă omenească.

Pentru îndeplinirea sarcinii de sporire a recoltei de cereale şi de mărire a producţiei principalelor produse animale, o importanţă primordială o are folosirea raţională şi deplină a pămîntului, principalul mijloc de producţie în agricultură.

Se impune ca neîntîrziat să se studieze experienţa îndelungată a ţărănimii locale, a fruntaşilor în cultura plantelor şi, pe baza cercetărilor ştiinţifice, să se întocmească lucrarea de raionare a producţiei agricole.

O sursă importantă de sporire a producţiei agricole, în deosebi a producţiei de cereale, este valorificarea terenurilor încă nefolosite sau folosite temporar.

In cursul celui de-al doilea cincinal putem să redăm pentru producţia agricolă cca. 100 000 ha. în regiunea inundabilă a Dunării, sărăturile pe o întindere de cca. 150 000 de hectare, cît şi suprafeţele ocupate de nisipuri, din Oltenia, din vestul ţării, Bărăgan, sudul Moldovei şi din Delta Dunării.

Prin intensificarea lucrărilor hidroameliorative se vor restabili şi lărgi sistemele existente de desecare din Ţara Bîrsei şi din alte regiuni ale ţării. De asemenea, prin lucrări de amenajare, vor fi pregătite terenurile din sudul Moldovei care vor fi irigate cu apă din bazinul de acumulare de la Bicaz.

Tovarăşi,

Din cauza despăduririlor prădalnice din trecut, a exploatării neraţionale a solului de către regimul burghezo-moşieresc, eroziunea solului a luat la noi în ţară o întindere mare în regiunile cu relief accidentat.

Din cauza procesului de eroziune, statul şi poporul muncitor pierd anual mari cantităţi de produse agricole. Eroziunea nu este un proces static, ci este în mers continuu ameninţînd şi alte terenuri dacă nu se iau măsuri eficace.

Stăvilirea eroziunii şi restaurarea terenurilor erodate trebuie socotite ca o problemă de stat, iar rezolvarea ei va trebui să înceapă încă în cursul celui de-al doilea plan cincinal.

Recuperarea pentru agricultură a terenurilor cu eroziune puternică se va face prin lucrări ce se vor executa pe etape, folosirea lor făcîndu-se atît prin culturile agricole valoroase, cum este viţa de vie, cît şi prin plantaţiuni silvice.

In domeniul silviculturii, sarcina noastră în cel de-al doilea plan cincinal este continuarea lucrărilor de împădurire a terenurilor forestiere dezgolite, refacerea pădurilor degradate, împădurirea a cel puţin 600 000 hectare teren forestier şi executarea pe scară largă a operaţiunilor de îngrijire a arboretelor şi de refacere a arboretelor slab productive din luncile rîurilor.

Tovarăşi,

Sarcinile principale ale partidului în cel de-a doilea plan cincinal, în legătură cu transformarea socialistă a agriculturii sînt:

a) Intensificarea muncii politice şi organizatorice pentru crearea, într-un ritm mai accelerat, de noi întovărăşiri agricole şi gospodării colective, cu respectarea strictă a liberului consimţămînt al ţăranilor muncitori; întărirea şi dezvoltarea gospodăriilor colective şi întovărăşirilor agricole existente; sprijinirea formelor simple de asociere în producţia agricolă a ţăranilor muncitori în vederea muncii în comun, a contractării în comun, a folosirii mai raţionale a mijloacelor proprii şi a maşinilor agricole ale statului şi îndrumării ţăranilor muncitori spre forme superioare de cooperaţie de producţie agricolă.

b) Sporirea producţiei la hectar şi a productivităţii muncii agricole, pe calea progresului tehnic în agricultură, a mecanizării principalelor lucrări în toate ramurile agriculturii.

c) Extinderea suprafeţelor cultivabile, dezvoltarea irigaţiilor şi măsuri pentru conservarea solului împotriva eroziunilor.

d) Scăderea cheltuielilor de producţie în agricultură.

e) Dezvoltarea creşterii animalelor şi a productivităţii lor, îmbunătăţirea calitativă a şeptelului.

Cu încredere în forţele creatoare ale clasei noastre muncitoare, ale ţărănimii muncitoare, vom realiza sarcinile ce stau în faţa partidului în opera de transformare socialistă a agriculturii. *(Aplauze vii).*

Realizări energetice în primul plan cincinal

N. GHEORGHIU
Laureat al Premiului de Stat
Prim locțiitor al Ministrului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice

Poporul nostru muncitor a constatat cu legitimă mîndrie realizarea înainte de termen a primului nostru cincinal. In dezvoltarea economiei naționale în această perioadă, energetica în general și electrificarea în special, au jucat un rol însemnat. Rezultatele electrificării au schimbat în mod radical situația înapoiată în acest sector moștenită de la regimul burghezo-moșieresc.

Marii conducători ai revoluției proletare, Lenin și Stalin, au subliniat întotdeauna importanța ei deosebită în construirea socialismului și a comunismului. Interpretînd expresia genială leninistă „Comunismul — este puterea sovietică plus electrificarea întregei țări" —, I. V. Stalin scrie: „... în drumul spre comunism, Puterea Sovietică strebuie să electrifice țara...". (Opere vol. II, pag. 311). Totodată arată ca prin electrificarea țării, Lenin înțelegea nu construirea centralelor izolate ci trecerea treptată a economiei țării, între care și agricultura la o bază tehnică nouă, la baza tehnică a producției mari, moderne „legată într-un fel sau altul, direct sau indirect cu problema electrificării". (Opere vol. II, pag. 254).

Din cele de mai sus reiese clar că electrificarea joacă un rol important în industrializarea țării și în special în sectorul industriei grele. Pentru țara noastră, ca confirmare a acestui adevăr, arătăm că în primul cincinal consumul de energie electrică a crescut cu 108%.

Este deci nevoie ca dezvoltarea energeticei să fie cu un pas înaintea celorlalte industrii, aceasta fiind o condiție esențială pentru dezvoltarea economiei naționale. Este necesar să intre în exploatare noi unități energetice în scopul satisfacerii în continuare a cererilor crescînde de consum de energie electrică.

Problema electrificării țării a format obiectul preocupării Partidului nostru încă din 1945, la Conferința Națională a Partidului Comunist Romîn. Cu acest prilej s-a arătat că în cadrul refacerii și dezvoltării economiei țării, electrificarea poate și trebuie să joace un rol hotărîtor.

După principiile esențiale care au stat la baza primului plan de electrificare din U.R.S.S., a celebrului plan „GOELRO", s-a întocmit și planul de electrificare a patriei noastre. S-a ținut seama de o valorificare cît mai rațională a tuturor resurselor noastre de energie, de o centralizare a producției de energie electrică în centrale electrice mari și de interconectarea acestor centrale în sisteme energetice, care să permită o exploatare economică și o valorificare rațională a tuturor resurselor de energie.

Primele rezultate însemnate au fost înregistrate încă din vara anului 1952, cînd a fost pusă în funcțiune marea centrală termoelectrică „Gh. Gheorghiu Dej" de la Doicești, astăzi cea mai mare centrală din țara noastră, care alimentează sistemul energetic la care este racordată și capitala țării. In același timp a fost inaugurată a doua centrală termoelectrică „Ovidiu II" lîngă Constanța, care joacă un rol important pentru ridicarea nivelului economic și social al Dobrogei. A urmat apoi încă o serie de centrale care au fost puse treptat în funcțiune. In ultimele zile ale anului 1955 a intrat în funcțiune a doua centrală hidroelectrică mare Sadu din regiunea Sibiu. Tot în această perioadă au fost terminate lucrările și au început probele primului grup de 50 000 kW — cel mai mare ca unitate din țară — de la centrala termoelectrică Paroșeni din Valea Jiului. La aceste mari centrale ridicate în decursul primei etape a planului de electrificare s-au adăugat altele de puteri mai reduse, precum și extinderi în centralele existente.

De asemenea s-au executat un număr mare de stații de transformare precum și linii electrice de 110 kW, 35 kW, 25 kW 10 kW și rețele de distribuție.

Astăzi se continuă lucrări de mare amploare pe numeroase șantiere unde se ridică noi centrale termo și hidroelectrice noi linii de transport și stații de transformare. Sînt de menționat în primul rînd marile șantiere „V.I. Lenin" de la Bicaz, unde se continuă lucrările pentru cea mai mare centrală hidroelectrică din țara noastră. Pe acest șantier, constructorii au obținut o mare victorie care a dus în ziua de 11 decembrie 1955 la străpungerea tunelului care are o lungime aproape 5 km, tunel care va devia

apele Bistriței, îndreptîndu-le spre turbinele centralei. In realizarea acestor sarcini au dat o contribuție deosebită și s-au distins tovarăși ca: Pașca Gavrilă, Mosora Dumitru, Zăinescu Dumitru și încă mulți alții.

Creșterea puterii instalate și folosirea ei în condițiuni din ce în ce mai bune a avut ca urmare și o creștere însemnată a producției de energie electrică care se ridică azi în sectorul Ministerului nostru de peste 2 ori valoarea din 1950; producția de energie electrică pe țară în 1955 depășește 4,3 miliarde kWh, față de 2,1 miliarde kWh în 1950.

Un rol important în realizarea planului de electrificare și în dezvoltarea industriei noastre energetice l-a avut și îl are ajutorul tehnico-științific pe care îl primim din partea Uniunii Sovietice. Astfel am primit din Uniunea Sovietică proiecte de centrale, echipament electromecanic de un înalt nivel tehnic; am fost îndrumați de consilieri, specialiști în montaj și exploatarea centralelor electrice de specialiști care au dat un neprecupețit ajutor pentru realizarea noilor instalații și care au contribuit pentru ridicarea cadrelor noastre tinere. Au fost trimiși în Uniunea Sovietică sute de tineri, muncitori, tehnicieni și ingineri, care s-au întors în țară cu bogate cunoștințe în specialitatea respectivă. La fel am primit un ajutor tehnico-științific din partea Republicii Cehoslovace, care ne-a livrat echipamentul electromecanic pentru centrala de la Doicești, precum și o serie de echipamente pentru centrale hidroelectrice, printre care și pentru marea centrală de la Bicaz.

In scopul unei cît mai bune folosiri a centralelor electrice puterea indisponibilă în sectorul Ministerului Energiei Electrice a scăzut în cursul primului cincinal de la 90 MW cît era în 1951 la 40 MW în 1955 totuși sarcina de plan n-a fost îndeplinită, puterea disponibilă a centralelor reprezentînd doar 94,5% din puterea instalată, față de 97 cît era planificat.

In activitatea sectorului energetic au existat o serie de deficiențe. Astfel în problema reparațiilor capitale care constituie o altă problemă deosebit de importantă, deși în 1955 s-au obținut realizări mai bune ca în anii precedenți, au existat încă în această direcție o serie întreagă de deficiențe și lipsuri pe care Ministerul Energiei Electrice nu a reușit să le înlăture. Conducerile trusturilor și combinatelor energetice nu au analizat în mod serios cu centralele și cu serviciile de aprovizionare respective de a face propuneri de opriri de agregate, care sînt posibilitățile reale de a executa reparațiile la aceste agregate, ceea ce a dus la situații că numai la cîteva săptămîni de la aprobarea planului de opriri să se ceară alte opriri, invocînd diverse motive care ar fi trebuit să fie cunoscute la întocmirea propunerii de plan.

Deficiențe s-au mai constatat și în pregătirea lucrătorilor deși în această direcție s-au trasat sarcini concrete ca pentru fiecare reparație să se stabilească cu cel puțin 2 săptămîni înainte dacă sînt îndeplinite toate condițiile tehnico-organizatorice pentru începerea reparațiilor, au fost constatate totuși abateri, în sensul că au fost oprite agregate fără o pregătire temeinică sau au fost amînate reparațiile și prelungite termenele de reparații.

In alte cazuri reparațiile capitale au fost prelungite din cauza necoordonării de către conducerile centralelor a reparațiilor mecanice cu cele electrice.

In al doilea cincinal, începînd chiar cu anul 1956, trebuie să se dea o atenție deosebită acestei probleme, luîndu-se toate măsurile necesare ca reparațiile să se execute conform planului și să fie de bună calitate.

In problema tehnicii noi au fost obținute în primul cincinal în sectorul energetic unele realizării, ca spre exemplu excitația forțată a generatorilor, reclanșarea automată rapidă, instalarea de aparate de protecție moderne, experimentarea introducerii autosincronizării în sistemele noastre energetice și altele. Toate acestea au fost însă făcute în proporție mică De aceea trebuie dat în al doilea cincinal o atenție mare acestor probleme, în care scop au fost pregătite încă din 1955 condițiile prin care în fiecare întreprindere sau centrală de servicii tehnice dotate cu personal tehnic bine calificat care va trebui să se ocupe exclusiv de astfel de probleme.

Măsurile de mai sus cu încă altele vor duce la o mai bună exploatare, la alimentarea cu energie electrică a consumatorilor în condiții mai bune, precum și la reducerea prețului de cost.

Energeticienii romîni — constructorii monteurii și cei din exploatare — care lucrează în unul din sectoarele cele mai importante, în lupta pentru ridicarea mai departe a economiei naționale, analizînd rezultatele obținute în muncă în cursul primului cinicnal și-au luat angajamentul să aplice întocmai prevederile Directivelor Congresului și vor depune toate eforturile pentru îndeplinirea sarcinilor de plan, știind că astfel contribuie la construirea socialismului în țara noastră.

Caracteristice energetice în funcţie de productivitate şi temperatura ambiantă

Ing. GH. MUNTEANU

Se analizează variaţ'a consumului agregatelor termice la schimbarea temperaturii ambiante arătîndu-se că ea este cu atît mai accentuată cu cît tempera ura de regim a agretatului e mai mică. Se stabileşte o metodă de determinare a caracteristicilor energetice în funcţie de productivitate şi temperatură. Se propune şi defineşte un criteriu energetic de comparare a agregartelor.

In planificarea aprovizionării cu combustibil a industriilor se pune problema variaţiei lunare a consumului specific şi total în cursul unui an şi în special în cursul iernii.

Observaţii asupra unui număr de cica 100 uzine din diferite ramuri industriale (metalurgice, chimice, de bunuri de larg consum, alimentare, de materiale de construcţii), arată pentru sezonul de iarnă o creştere de consum de circa 30—50% faţă de consumul din sezonul de vară. Cît din această creştere priveşte încălzitul edificiilor intereprinderilor şi cît se datoreşte creşterii consumului specific industrial, numai în rare cazuri este precis determinat.

De altă parte variaţia consumului specific şi zilnic cu climatul, este în anumite cazuri un factor categoric în stabilirea caracteristicilor de consum în funcţie de productivitate (de obicei zilnică a unei întreprinderi sau unui agregat). Limitîndu-ne numai la influenţa temperaturii ambiante (fără considerarea umidităţii şi stării curenţilor sau altfel zis la stare de umiditate şi curenţi constante) se observă că sînt cazuri cînd scăderea temperaturii ambiante favorizează procesul tehnic al agregatului (cazul turnurilor de răcire şi a răcitoarelor cu curent de aer) după cum sînt cazuri cînd scăderea temperaturii îngreuiază procesul tehnologic (uscătoare, condiţionare etc.) In ambele cazuri se va avea deci o variaţie a consumului specific sau a capacităţii termice generatoare sau consumatoare a agregatului. Legătura directă sau altfel zis mărimea consu- mului de căldură în funcţie de temperatură este de stabilit fie analitic fie experimental la fiecare caz în parte, menţinînd restul factorilor constanţi şi considerînd variabilă numai temperatura ambiantă.

Totuşi, pentru multe cazuri, principiile generale de transmisia căldurii şi de similitudine termică justifică mai ales în limitele de variaţie curente a temperaturilor ambiante adoptarea variaţiei lineare a consumului cu temperatura mediului ambiant.

A. Variaţ'a cu temperatura ambiantă a consumului de mers în gol.

Pentru a stabili în ce cazuri o lege de variaţie lineară este aplicabilă precum şi dacă mărimea variaţiei cosumului justifică considerarea acestei variaţii, este necesar a considera agregatele industriale prin :

1) legătura procesului termic cu mediul ambiant ;

2) temperaturile şi capacitatea calorică la starea de regim normal ;

3) amplasamentul agregatului, în edificii încălzite sau în exterior (cum este cazul cazanelor de abur deservind şantiere de foraj, coloane de distilare sau condensare în industria petroliferă sau alimentară).

Referindu-ne numai la consumatori de caldură :

a) Există agregate în care procesul termic nu are nici o legătură cu exteriorul, şi anume acele încălzite prin abur sau alţi purtători de caldură, electric, chimic sau mai recent nuclear. Dintre acestea unele funcţionează la temperaturi înalte (cuptoare metalurgice şi chimice) altele la temperaturi mijlocii 150...500°C (cum sînt turbinele cu contrapresiune, autoclavele, coloanele de distilare, sisteme de distribuţia aburului, sisteme de termoficare) şi altele de temperatură joasă 25...150°C. (termostate, instalaţii de fermentaţie etc.) La agregatele cu temperaturi inalte şi mijlocii la care în raport cu mediul ambiant ar putea interveni pierderi prin radiaţie (care faţă de variaţiile temperaturii ambiante ar varia foarte puţin) condiţiile de realizare a randamentului cît mai ridicat, impun izolări corespunzătoare încît şi la acestea ca şi în cazul celor de temperaturi joase schimbul de căldură cu exteriorul are loc practic numai prin coductibilitate şi convecţie, care în limitele de variaţie a temperaturii ambiante, cu suficientă exactitate, se pot considera ca funcţii liniare de temperatura ambiantă. La astfel de agregate în regim permanent schimbul de căldură orar cu mediul ambiant este :

$$W_0 = \frac{t - t_0}{\frac{1}{Fa} + \frac{1}{F_0 a_0} + \frac{1}{\lambda}\int_0^d \frac{dx}{f}} \qquad (1)$$

în care :

t_0 este temperatura mediului ambiant ;

t — temperatura în spaţiul de lucru al agregatului ;

F şi a — suprafaţa spaţiului cu temperatura t şi coeficientul de intrare al căldurii în ea ;

F_0 a_0 — mărimile omoloage pe suprafața exterioară (de contact cu mediul, a agregatului);

λ — coeficientul de conductibilitate calorică a pereților agregatului, practic o constantă a materialului,

f — suprafața pe care peretele agregatului are grosimea x

Pentru a după recente verificări (I.T.U. 1950) se utilizează:

$$a = 4{,}96\ \varepsilon_g \left[\left(\frac{T_g}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_F}{100}\right)^4 \right]$$

în care ε_g T_g = coef. de absorbție și temp. absolută a gazelor din camera de lucru.

Pentru a_0 date mai vechi (Nusselt, Wierz, 1910) dau, în domeniul temperaturilor ambiante valori constante sau dependente de viteza curenților de aer în contact cu F_0; date mai noi (ITU 1950) dau:

$$a_0 = 2{,}2\ t \sqrt{1 - \frac{t_0}{t_{F_0}}} + \frac{4}{100}\left(\frac{t_{F_0}+273}{100}\right)^3 \left[1 + \frac{t_0+273}{t_{F_0}+273}\right]\left[1 + \left(\frac{t_0+273}{t_{F_0}+273}\right)^2\right]$$

Se vede că aproape riguros pentru agregatele aflate în edificii industriale (în care atît vara cît și iarna $25° < t_0 < 12 - 15°C$) și cu suficientă exactitate practică pentru celelalte, schimbul de căldură cu ambianța, la aceste agregate poate fi exprimat:

$$W_g = K\ (t - t_0)$$

unde K poate fi considerat, o constantă independentă de t pentru un agregat dat. La agregatele termice schimbul de căldură cu mediul ambiant reprezintă în general consumul de mers în gol al agregatului (W_g) în intervalul de timp ales pentru măsurarea productivității și a consumurilor, și care după cele de mai sus variază liniar cu temperatura ambiantă.

Pentru a avea o noțiune asupra mărimii procentuale a variației acestui schimb față de variațiile de temperatură a mediului, pentru agregatele izolate, să considerăm aceste schimburi la 2 temperaturi ambiante diferite t_{01} și t_{02}: se are:

$W_{1g} = K\ (t - t_{01})$ și $W_{2g} = K\ (t - t_{02})$ așa că

$$\frac{\Delta W_g}{W_{1g}} = \frac{W_{1g} - W_{2g}}{W_{1g}} = \frac{K(t_{01} - t_{02})}{K\ (t - t_{01})} = \frac{\Delta t_{01}}{t - t_{01}} \qquad (0)$$

de unde rezultă că:

— mărimea absolută a variației schimbului cu mediul, sau a consumului în gol, este proporțională cu coeficientul de transmisie (astfel zis cu cît izolarea termică este mai redusă) și cu intervalul de variație al temperaturii ambiante;

— mărimea procentuală a variației consumului în gol este proporțională cu intervalul de variație al temperaturii mediului și invers proporțională cu temperatura în spațiul de lucru al agregatului. Pentru agregatele situate în edificii industriale admițînd că temperatura normală este de + 17°C și deci la această temperatură agregatul absoarbe consumul normal în gol, atunci la un $\Delta t_0 = \pm 10\,°C$ consumul în gol la agregate funcționînd la temperaturile de regim t vor fi:

$t°C$	1000	500	300	100	50	30
$\%p_g = \frac{\Delta W_g}{W_g}$	±1,01	± 2,07	± 3,48	± 12	± 30,4	± 77

La agregate montate în exterior: (Δt_0 max = 32°C)

$\%\ p_g = \frac{\Delta W_g}{W_g}$	+3,16	+6,6	+11,3	+38,6	+97	+246

B. Variația consumului total cu temperatura

Adăugînd la W_g consumul productiv admis în anumite condiții în jurul productivității normale a agregatului (Veit; E.E.I.E. 1951) proporțional cu productivitatea; $W_p = \alpha . A$ și care la agregatele izolate nu depinde de mediul ambiant se are:

$$W = W_g + \alpha A = K\ (t - t_0) + \alpha A \quad (1)$$

adică *la agregate izolate consumul total de căldură este riguros funcție liniară de productivitate și temperatura ambiantă*:

Variația procentuală a consumului total în funcție de variația temp. ambiante va fi:

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{K\Delta t_0}{W_g + \alpha A} = \frac{P_g}{1 + \frac{\alpha A}{W_g}}$$

adică variația va fi cu atît mai mică cu cît W_g este mai mic față de αA, agregatul are o inerție calorică mai mică.

b. Există agregate în care procesul termic primește continuu un element din mediul ambiant (aer, apă sau materie primă). Și aceste angregate ca și primele pot funcționa la temperaturi înalte (cuptoare încălzite cu combustibil, cazane de abur etc.) mijlocii (uscatoare de forme metalurgice — forme sau minereuri) și joase (uscătorii de materiale vegetale și animale, instalații de tratarea apei precum și toate agregatele termice de la începutul liniilor tehnologice din orice industrie).

Pentru această categorie de agregate la cele arătate pentru agregatele izolate se adaugă schimbul datorit accesului continuu al elementului primit din mediul ambiant. Cum ieșirea din agregat a elementului primit (apă aer sau materia primă) are loc la un regim permanent (deci și termic permanent) și dacă n-a avut loc o schimbare de stare a elementului (cazul apei de răcire a aerului) cantitatea de căldură schimbată cu agregatul va fi:

$$W_a = E\ (i_2 - i_1)$$

în care E este cantitatea de element exterior primit; i_2 și i_1 conținuturile de căldură la intrare și ieșire din agregat. In cazul cînd elementul venit din exterior deservește numai procesul tehnologic sau constituie elementul prin care se desfășoară el (aerul în industriile chimice, apa în unele agregate din industria ușoară) cantitatea intrată va fi proporțională cu producția adică $E = \psi A$ deci în acest caz $W_a = \psi A (i_2 - i_1)$.

In cazul că elementul exterior servește la generarea sau extragerea de căldură din agregat atunci cantitatea va fi proporțională cu consumul total precedent adică $E = \varphi W$ și deci $W_a = \varphi W (i_2 - i_1)$. Acesta este cazul tuturor cuptoarelor și cazanelor de abur incălzite cu combustibil la care aerul de combustie este proporțional cu suma cantității de combustibil necesar și pentru acoperirea pierderilor în gol și pentru generarea vaporilor sau a încălzirii masei tehnologice în cuptoare.

Pentru elementul de acces (aer, materie primă) exprimînd conținutul de căldură în funcție de temperatură, se are :

— pentru gaze și materie primă în stare gazoasă la presiune constantă $i = C_p t$ în care

pentru aer $C_p = 0{,}241 + \frac{3{,}66}{10^5} t$

$H_2 \; C_p = 3{,}40 + \frac{52{,}66}{10^5} t$

$N \; C_p = 0{,}249 + \frac{3{,}78}{10^5} t$

și la fel cam pentru toate gazele, termenul cuprinzînd temperatura se înmulțește cu 10^{-5} astfel ca pentru variațiile de temperatură ambiantă de $-15 \div +20°C$ C_p se poate, cu suficientă exactitate, considera constant.

Pentru apă, lichide și solide (fără considerarea umidității în limitele de variație a temp. ambiante) se poate lua $i = c.\ t.$ astfel că : referindu-ne numai la variația lui t, se poate lua

$$i_2 - i_1 = C_p (t - t_0)$$

Putem exprima acum consumul total de căldură și pentru agregatele cu acces continuu de element exterior astfel :

— Cînd elementul exterior deservește numai procesul tehnologic : $W = W_g + \alpha A + \psi A (i_2 - i_1) = K (t - t_0) + \alpha A + \psi A C_p (t - t_0)$

sau $W = Kt + (\alpha + \psi C_p t) A - Kt_0 - \psi C_p A t_0$ (2)

altfel zis consumul total la aceste agregate este funcție lineară de productivitate (A) temperatura ambiantă (t_0) și de produsul lor (At_0) :

— cînd elementul exterior servește și la generarea căldurii

$$W = W_g + \alpha A + \varphi (W_g + \alpha A) C_p (t - t_0) = (W_g + \alpha A) [1 + \varphi C_p (t - t_0)]$$

sau

$$W = [K (t - t_0) + \alpha A] [1 + \varphi C_p (t - t_0)]$$

și dacă separăm pe A și t_0 se are :

$$W = Kt (1 + \varphi C_p t) + \alpha (1 + \varphi C_p t) A - K (1 + \varphi C_p t) t_0 - \alpha \varphi C_p A t_0 + \varphi C_p K t_0^2 \quad (3)$$

adică consumul este o funcție patratică de t_0 și lineară de A și At_0.

Rezumînd acum variația procentuală a consumului în funcție de t_0 pentru intervalul uzual de variație a lui t_0 se are pentru :

a) agregatele izolate :

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{K \Delta t_0}{K(t - t_0) + \alpha A} = \frac{\Delta t_0}{(t - t_0) + \frac{\alpha A}{K}}; \quad (4)$$

b) agregate în care elementul exterior servește numai procesului tehonologic al agregatului :

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{(K + \psi C_p A) \Delta t_0}{K(t - t_0) + \alpha A + \psi A C_p (t - t_0)} = \frac{\Delta t_0}{t - t_0 + \frac{\alpha A}{K + \psi A C_p}} \quad (5)$$

c) agregate în care elementul exterior servește la procesul tehnologic și la desvoltarea căldurii :

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{[K (1 + \varphi C_p (t - t_0) + \varphi C_p (K (t - t_0) + \alpha A)] \Delta t_0}{[K (t - t_0) + \alpha A][1 + \varphi C_p (t - t_0)]} = \frac{\Delta t_0}{t - t_0 + \frac{\alpha A}{K}} \left[1 + \frac{\varphi C_p \left(t - t_0 + \frac{\alpha A}{K} \right)}{1 + \varphi C_p (t - t_0)} \right] = \frac{\Delta t_0}{t - t_0 + \frac{\alpha A}{K}} \left[1 + \frac{t - t_0 + \frac{\alpha A}{K}}{t - t_0 + \frac{1}{\varphi C_p}} \right]. \quad (6)$$

Pentru cazul agregatelor a căror consum de căldură variază foarte puțin cu productivitatea sau practic deloc, putem considera $\alpha = 0$ și în acest caz se are :

— pentru primele 2 categorii conform (4) și (5) $\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta t_0}{t - t_0}$

— pentru categoria 3 a : $\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta t_0}{t - t_0} \left(1 + \frac{\varphi C_p (t - t_0)}{1 + \varphi . C_p (t - t_0)} \right)$

relații care pentru primele 2 cazuri concordă cu (0) (căci la $\alpha = 0$ $w = W_g$) și cu realitatea căci la $\alpha = 0$, consumul se reduce la acoperirea pierderilor (W_g) iar în al 3-lea caz creșterea consumului urmînd a acoperi variația de entalpie

a aerului de combustie şi pierderile de căldură ale agregatului în regim (ambele proporţionale cu Δt_0) pentru orice valoare a lui φ nu va putea depăşi dublul variaţiei pierderilor în gol.

Aşadar la acest fel de agregate ($\alpha \to 0$) la primele două categorii variaţia procentuală a consumului datorită variaţiei temperaturii ambiante va fi aceiaşi cu a lui W_g la agregate izolate (interpretarea relaţiei (0) iar la al 3-lea fel (agregate cu consum direct de combustibil) variaţia procentuală respectivă va fi mai mare ca la primele fără însă a depăşi dublul celor dintîi.

Putem deci conchide că la agregate cu consum puţin variabil cu producţia, intrucît la temperaturi de lucru sub 500°C variaţiile de consum datorite variaţiei temperaturi ambiante depăşesc erorile de măsurare (2%) a aparatelor de măsură şi deci nu este suficient de exact a considera consumul agregatului numai în funcţie de productivitate adică : $P_g + \alpha$. Aci este necesar a lua după cele de mai sus :

$$W = W_g + \alpha A + \beta t_0 + \gamma A t_0 + \delta t_0^2.$$

Pentru agregate cu consum accentuat proporţional cu productivitatea ($\alpha \neq 0$ şi putînd avea orice valoare) după (4) (5) şi (6) se are pentru cele 3 feluri de agregate

— cazul *a* :
$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta t_0}{t - t_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha A}{K(t - t_0)}} =$$

$$= \frac{P_g}{1 + \frac{\alpha A}{W_g}} ;$$

— cazul *b* :
$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta t_0}{t - t_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha A}{(K + \psi A C_p)(t - t_0)}} =$$

$$= \frac{P_g}{1 + \frac{\alpha A}{W_g + W_a}} ;$$

— cazul *c* :
$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta t_0}{t - t_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha A}{W_g}} \left(1 + \frac{W_g + \alpha A}{W_g + \frac{K}{\varphi C_p}} \right) =$$

$$= \frac{P_g}{1 + \frac{\alpha A}{W_g}} \left[1 + \frac{W_g + \alpha A}{W_g} \cdot \frac{W - (W_g + \alpha A)}{W} \right] =$$

$$= \frac{P_g}{1 + \frac{\alpha A}{W_g}} \left[1 + \left(1 + \frac{\alpha A}{W_g} \right) \left(1 - \frac{W_g + \alpha A}{W} \right) \right]$$

expresii care ne arată că şi pentru agregatele cu $\alpha \neq 0$ $\frac{\Delta W}{W}$ iau valori mai mici în cazul *b* decît în cazul *a* ; şi analog $\frac{\Delta W}{W}$ ia valori mai mici în cazul *c* decît în cazul *a*, aşa că se poate menţine şi pentru $\alpha \neq 0$ aceiaşi concluzie ca pentru $\alpha = 0$.

C. Determinarea caracteristicei W = f (A, t).

Limitîndu-ne numai la agregatele consumatoare de energie calorică expresia consumului în funcţie de prductivitate şi temperatura mediului ambiant va fi :

$$W = W_g + \alpha A + \beta t_0 + \gamma A t_0 \quad (8')$$

iar consumul pe unitatea de producţie

$$w = \frac{W_g + \beta t_0}{A} + \alpha + \gamma t_0 \quad (8)$$

în care

W este consumul total ;

A — producţia,

t_0 — temperatura ambiantă medie, toate trei considerate în acelaş interval de timp. Desigur că repetînd de 4 ori observaţiile însă pentru acelaş interval de timp se vor putea alcătui 4 ecuaţii :

$$W_1 = W_{g1} + \alpha A_1 + \beta t_{01} + \gamma A_1 t_{01}$$

(şi analog pentru observaţiile 2, 3 şi 4) formînd un sistem linear din care se pot determina necunoscutele W_g α, β, γ. Pe lîngă intervalul de timp egal mai este necesar ca observaţiile să fie făcute la parametri A şi t_0 cît mai diferiţi, exactitatea determinării necunoscutelor după cum vom arăta într-o altă expunere, fiind direct proporţională cu mărimea variaţiei parametrilor independenţi (A şi t_0). In realitatea practică W depinzînd şi de alţi parametri ce nu pot fi menţinuţi strict aceiaşi în timpul observaţiilor precum :

— calitatea materiei prime

— starea agregatelor

— procesul technologic

— parametrii purtătorului de căldură ce alimentează agregatele : iar măsurătorile lui W A şi t_0 fiind toate supuse erorilor inevitabile de măsurare, numărul observaţiilor nu se limitează la numărul necunoscutelor ci se fac un număr mai mare de observaţii folosindu-se apoi pentru determinarea celor 4 necunoscute, metoda celor mai mici pătrate' adică a erorii pătrate minime (Revista Energetica Nr. 4/1954).

Dacă numim W valoarea corectă a consumului si W_i ($i = 1 \cdot 2 \ldots n$) valorile observate, eroarea absolută la fiecare observaţie va fi :

$$e_1 = W - W_1 = W_g + \alpha A_1 \beta t_{01} + \gamma A_1 t_{01} - W_1$$

$$e_n = W - W_n = W_g + \alpha A_n + \beta t_{0n} + \gamma A_n t_{0n} - W_n$$

iar eroarea absolută medie patratică va fi :

$$e_m = \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 - - - - + e_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum e_1^2}{n}}$$

care va fi minimă cînd $\sum_1^n e_i^2$ ca funcţie de varia-

bilele W_g, α, β, γ va fi minimă adică atunci cînd se are simultan :

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial W_g} = 0 ; \frac{\partial \Sigma}{\partial \alpha} = 0 ; \frac{\partial \Sigma}{\partial \beta} = 0 ; \frac{\partial \Sigma}{\partial \gamma} = 0. \qquad (9)$$

Din această condiție se are sistemul linear din care se vor determina W_g, α, β, γ, :

In cazul de față avînd :

$$\sum_1^n (w - w_i)^2 = \Sigma (w_g + \alpha A_i) + \beta t_{oi} + \gamma A_i t_{oi} - w_i)^2$$

ecuațiile (8) devin :

$$W_g n + \alpha \Sigma A_i + \beta \Sigma t_{oi} + \gamma \Sigma A_i t_{oi} - \Sigma W_i = 0$$

$$W_g \Sigma A_i + \alpha \Sigma A_i^2 + \beta \Sigma A_i t_{oi} + \gamma \Sigma A_i^2 t_{oi} - \Sigma A_i W_i = 0$$

$$W_g \Sigma t_{oi} + \alpha \Sigma A_i t_{oi} + \beta \Sigma A_i t_{0i}^2 + \gamma \Sigma A_i t_{oi} - \Sigma t_{oi} W_i = 0$$

$$W_g \Sigma A_i t_{oi} + \alpha \Sigma A_i^2 t_{oi} + \beta \Sigma A_i t_{oi} + \gamma \Sigma A_i^2 t_{0i}^2 - \Sigma A_i t_{oi} W_i = 0$$

care formează un sistem de 4 ecuații lineare cu 4 necunoscute care admite rădăcini finite și determinate atunci cînd determinantul coeficientelor necunoscutelor :

$$\begin{vmatrix} n & \Sigma A_i & \Sigma t_{oi} & \Sigma A_i t_{oi} \\ \Sigma A_i & \cdots & \cdots & \cdots \\ \Sigma t_{oi} & \cdots & \cdots & \cdots \\ \Sigma A_i t_{oi} & \cdots & \cdots & \Sigma A_i^2 t_{0i}^2 \end{vmatrix} \neq 0$$

condiție care are loc cînd cel puțin unul din parametrii A, t_0, și At_0 nu rămîne același în toate cazurile observate.

Rezolvarea sistemului (9) pe calea generală a raportului de determinanți este prea greoaie pentru a fi adoptată în practică. Mult mai ușor este ca după calcularea coeficienților (ΣA_i, Σt_{oi} $\Sigma A_i t_{0i}$ ...) să se scrie sistemul de ecuații cu coeficienți numerici și să se rezolve prin reducere sau substituție și reducere.

Odată determinați W_g, α, β, γ, se au deci expresiile consumurilor total (8) și specific (8^1) care ca orice funcție explicită de 2 variabile se poate reprezenta fiecare prin cîte o familie de curbe altfel zis se vor avea o familie de caracteristici pentru consumurile totale (fig. 1) și una pentru consumuri specifice (fig. 2). Se vede că inclinările caracteristicilor de consum total cresc cu temperatura iar la cele ale consumurilor specifice, crește ordonata asimptotei orizontale.

Spre a se avea o noțiune asupra posibilității de aplicare a unor astfel de caracteristici este necesar a reaminti că expresia liniară a consumului în funcție de productivitate : $P = P_g + \alpha A$ (10) are la bază :

— Considerarea tangentei în locul curbei exacte $P = f(A)$ pentru un interval limitat de variație a lui A în jurul valorii obișnuite a lui A ; pentru un agregat sau un grup de agregate dat P și A fiind consumul și producția într-un

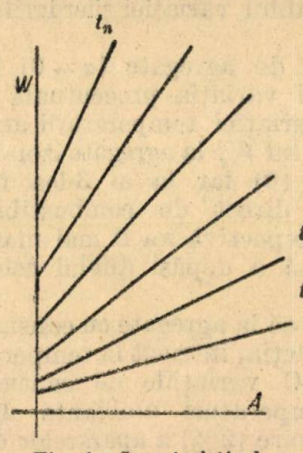


Fig. 1 : Caracteristicele consumului total

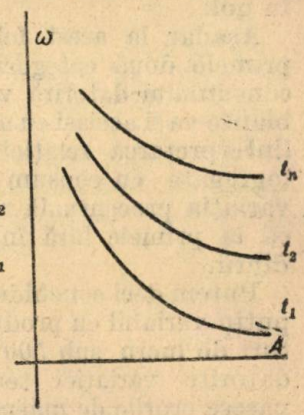


Fig. 2 : Caracteristicele consumului specific

același interval de timp, cînd e vorba de un număr oarecare de observații nu pot fi considerate decît acele ce se referă la același interval de timp ;

— Cum exprimarea caracteristicei sub forma de mai sus admite implicit exprimarea caracteristicei grupului prin suma caracteristicilor agregatelor componente, urmează ca în timpul observațiunilor ,toate agregatele este necesar să fie în funcțiune (în caz contrar P_g nu va fi același în toate observațiunile) ;

— Forma (10) mai presupune ca în mod automat agregatele au însușirea de a absorbi peste consumul de mers în gol o energie proporțională cu încărcarea.

In mod analog expresia caracteristicei

$$W = W_g + \alpha A + \beta t + \gamma At \qquad (11)$$

presupune pe lîngă îndeplinirea acestor 4 condiții și pe aceea că agregatul în mod automat, sau comandat, să absoarbă pentru consumul de mers în gol ($W_g + \beta t$) o cantitate de căldură parțial proporțională cu temperatura ambiantă iar plusul de consum pentru producție să cuprindă și el o parte proporțională cu temperatura. Acest lucru are loc în mod automat cînd pe lîngă îndeplinirea condiției 4 a de mai sus se păstrează constantă temperatura de regim a aparatului.

Ori, deși, respectarea temperaturii de regim a aparatului este deseori realizată prin dispozitive de reglaj automat rămîne totuși reglajul cu incărcarea care implică uneori un reglaj mai greoi. La aparatele automatizate prin reglarea temperaturii se cere un reglaj și în funcție de A. In practică și mai ales în cazul grupurilor de agregate (sectoarele de producție) prin devierea de la cele 4 ipoteze plus cea a reglajului în funcție de temperatură, se restrînge la un domeniu prea redus în jurul punctului de

experimentare aplicarea expresiei exactă a caracteristicei sub forma (11). *Mult mai aplicabilă apare expresiea fără termenul* γ *At adică*

$$W = W_0 + \alpha A + \beta t) \qquad (12)$$

Considerată sub această formă caracteristica de consum total conduce la o familie de drepte echidistante şi paralele (fig. 3) iar cea a consumurilor specifice conduce la o familie de hiperbole mai puţin vazate spre asimptota orizontală ca în cazul precedent.

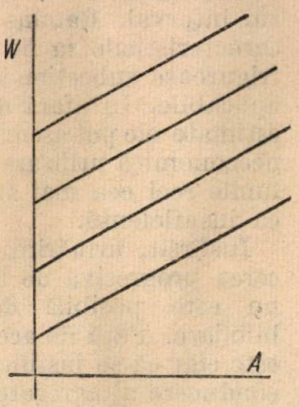


Fig. 3 :

Cazul concret al unui atelier de curele, hamuri şi articole tehnice de piele tratat la finele expunerii arată comparativ caracteristicele stabilite prin adaptarea expresiilor (10) (11) şi (12) prin aceiaşi metodă a celor mai mici patrate.

Şi din acest caz concret rezultă că cea mai aplicabilă cazurilor practice, este forma (12).

D. Definirea criteriului K_m

Insfîrşit şi în legătură cu aceste caracteristici se pun aceleaşi două probleme ca şi la cele dependente numai de productivitate şi anume :

1. Găsirea unui criteriu de comparaţie a caracteristicelor intre agregate cu unităţi de măsură a productivităţii diferite.

2. Aproximaţia determinării lor în funcţie de intervalul de variaţie ai parametrilor independenţi (A şi t) precum şi în funcţie de erorile de, măsurare a lor şi a consumurilor.

Avînd cele 2 expresii (ale variaţiei consumului zilnic şi ale consumului specific) care pot caracteriza un agregat, ce caractere energetice ale agregatului pot fi deduse din ele şi dacă se poate găsi pentru vreuna din aceste caracteristici limite sau constante (matematice sau naturale) valabile pentru orice fel de agregat consumator de energie.

Deşi ne-am propus a rămîne la forma (12) discuţia se poate face pe forma (11) de la care oricînd putem trece la (12) considerînd $\gamma = 0$) aşa că vom considera :

$$W = W_0 + \alpha A + \beta \cdot t + \gamma At \qquad (11)$$

$$w = \frac{W_0 + \beta t}{A} + \alpha + \gamma t. \qquad (12)$$

Mai întîi, atît din condiţiile de omogenitate cît şi din forma (2) a expresiei (11) se vede că dimensiunile necunoscutelor de determinat vor fi:

$-w_0 \rightarrow$ $\frac{\text{calorii}}{\text{timp}}$ sau $\frac{\text{kWh}}{\text{timp}}$ (după cum este vorba de caracteristici termice sau electrice; (în această expunere ne vom referi numai la cele termice)

$$-\alpha \rightarrow \frac{\text{kcal/timp}}{\text{unitatea de productivitate/timp}} = \frac{\text{kcal/}}{\text{unit. prod.}}$$

(unitatea de productivitate putînd fi kg, m, m^2, m^3 etc. adică cea curentă în măsurarea producţiei raportate la timp)

$\beta \rightarrow$ kcal/timp şi °C
$\gamma \rightarrow$ kcal/°C şi unitatea de productivitate
$w \rightarrow$ kcal/°C şi unitatea de producţie

Astfel stînd lucrurile

$$\frac{W_1 - W_2}{A_1 - A_2} = \frac{\Delta W}{\Delta A} = \alpha + \gamma t$$

are dimensiunea $\frac{\text{kcal}}{\text{unit. de productivitate}}$ şi nu poate reprezenta decît doar coeficientul unghiurilar în coordonatele W, A, al caracteristicei de consum total : coeficient care variază cu unităţile de măsură în care se exprima W şi A : el reprezinta o parte din consumul specific şi anume partea de consum absorbită de unitatea de produs. Un criteriu independent de dimensiunea agregatului poate fi :

$$K_m = \frac{W_0 + \beta t}{A(\alpha + \gamma t)} \frac{\text{kcal/timp}}{\text{kcal/timp}} \rightarrow \text{fără dimensiune}$$

care însă fiind invers proporţional cu productivitatea este necesar a fi definit la o productivitate corespunzătoare la orice fel de agregat.

Această productivitate poate fi cea normală (de proect) a agregatului sau grupului de agregate şi care în toate cazurile constituie cea dintîi caracteristică ce defineşte agregatul respectiv. După expresia ei, această constantă este raportul între consumul de mers în gol (ce acoperă pierderile agregatului în stare de regim normal) şi consumul absorbit de obiectul produs : el reprezintă mărimea procentuală a energiei pierdute, faţă de cea recuperată în produs altfel zis raportul său reprezintă factorul de economie al agregatului şi care este în bine determinată relaţie cu randamentul total al agregatului căci se are

$$\eta = \frac{A(\alpha + \gamma . t)}{W_0 + \beta t + A(\alpha + \gamma t)} = \frac{1}{K_m + 1} \text{ sau}$$

$$K_m = \frac{1 - \eta}{\eta}. \qquad (14)$$

Astfel fiind desigur K_m poate constitui un criteriu energetic de comparare a agregatelor celor mai diferite între ele ; astfel de comparaţii nu sînt lipsite de interes, ele putînd arăta dacă de exemplu toate agregatele unui grup sînt acordate pentru o aceiaşi productivitate (adică toate au acelaşi randament) ; şi se mai pot deduce şi alte consecinţe.

De ex. în cazul consumului specific complex, criteriul K_m arată direct, în ce raport se găseşte partea de energie recuperată în produs faţă de partea pierdută, din energia cheltuită; K_m conduce la randamentul complex energetic al grupului de agregate termo-electrice ce concură la realizarea produsului. Este de admis că şi această noţiune poate constitui un criteriu de comparaţie între 2 sectoare sau 2 industrii.

Tot criteriul K_m prin stabilirea lui la temperaturi ambiante diferite, ne arată dependenţa randamentului agregatului sau grupului de agregate de temperatura mediului ambiant.

Mai este de remarcat că prin relaţia (14) K_m dă posibilitatea calculării randamentului energetic al unui grup de agregate, randament care pe altă cale decît cea a caracteristicelor este foarte laborios şi destul de aproximativ de determinat.

In concluzie, K_m şi consumul complex pot constitui criterii energetice de comparare atît între unităţi industriale similare cît şi între cei mai diferiţi consumatori de energie putînd constitui caracteristic pentru fiecare categorie.

Urîmînd a discuta în altă expunere erorile posibile în determinarea caracteristicelor în funcţie de A şi t se menţionează în concluzie că necesitatea lor apare în următoarele cazuri care fără caracteristice dependente liniar de două variabile apar nedeterminate : :

— stabilirea caracteristicelor agregatelor sau sectoarelor industriale din observaţiuni în interval de un an sau pe baza inregistrărilor lunare a consumatorilor şi productivităţilor;

— planificarea şi urmărirea consumurilor lunare şi anuale;

— pilotarea şi controlul corectei utilizări a agregatelor consumatoare.

In adevăr fiind incontestabil şi verificat de realitate că atît consumul total productiv cît şi consumul specific variază cu temperatura, inseamnă că introducem observaţii în funcţie de 2 variabile căutînd relaţia lineară în funcţie numai de o variabilă : chiar dacă o atare relaţie care să satisfacă condiţiile formale se poate determina uneori, ea nu va reprezenta dependenţa reală între W şi A.

In unele cazuri se recurge la corectivul de a se determina caracteristici de iarnă şi de vară : soluţia aceasta reprezintă doar o primă aproximaţie deoarece nu toate lunile de iarnă au aceiaşi temperatură medie şi la fel cele de vară.

Se poate argumenta totuşi că stabilind caracteristicile pe un an adică pentru o perioadă completă de variaţia temperaturii ambiante caracteristicele vor corespunde în totalul acestui interval. Rămîne atunci ca în lunile calde caracteristicile sa fie supraestimate iar în cele friguroase subestimate adică practic nici odată aplicabile. In afară de aceasta în lunile supraestimate ele pot ascunde în apreciabile limite, o neeconomică utilizare a agregatelor după cum în lunile reci cea mai atentă utilizare a lor apare ca insuficientă.

Insfîrşit, urmărirea consumului lunar în trecerea progresivă de la lunile calde la cele reci nu este posibilă decît prin caracteristicele biliniare. Faţă de aceste caracteristici devierile, este clar că se justifică a fi căutate în modul de conducere al agregatelor.

E. Date experimentale

S-a urmărit cazul unui atelier de curele, hamuri şi articole de piele avînd agregatele termice situate în hala de fabricaţie; agregatele erau : uscătoare cu curent de aer cald la temperaturi 35...45°C, autoclave de fiert, incălzitoare de apă etc. toate primind energia termică prin abur saturat de 104...108°C.

Consumul s-a exprimat în kg abur de referinţă (760 mm Hg 100°C) iar ca temperatură ambiantă s-a luat cea din curtea atelierului (nedispunînd de cea din hala agregatelor), intervalul de observaţie ziua de lucru de 3 schimburi. Asupra cifrelor de observaţie s-au făcut următoarele retuşări :

— Consumul zilelor 22—24 august s-a atribuit producţiei din ziua de 22.

— în zilele de 25 şi 26 producţia fiind foarte diferită s-a luat pe ambele zile media lor.

Cu aceste rectificări sau obţinut datele de observaţiuni din coloanele 3—5 (tabela 1) cu care s-au calculat caracteristicele

$$W = W_0 + \alpha A$$

Tabela 1

Nr. Crt.	Data	P	A	t	A^2	t^2	PA	P_2	At
1	18 VIII	3097	1168	18,1	1364224	327,61	3617296	560447	21140,8
2	19	2789	1079	20,6	1164241	424,36	3009331	57453,4	22227,4
3	20	2781	1313	19,1	1723969	364,81	3651453	43117,1	25078,3
4	22	2127	1031	20	1043023	400	2192937	42540,0	20620
5	25	3295	1471	18,6	2163841	345,96	4846945	61287,0	27360,6
6	26	3711	1471	19,2	2163841	368,64	5458881	71251,2	18243,2
7	27	3303	1081	18,9	2168461	357,21	3570541	62426,7	20430,9
8	29	2965	931	17	866761	289	2760415	50405,0	15827,0
9	30	3048	910	17,8	828100	316,84	2773680	54254,4	16198,0
10	31	3061	833	15,9	693889	252,81	2549813	48669,9	13244,7
11	1. IX	3618	605	16	366025	256	2188890	47888,0	9680,0
12	2	3728	637	15,9	418609	252,81	2412016	59275,2	10287,3
$n=12$		37523	12540	217,1	13964584	3954,05	39032200	664623,6	230338,2

obținîndu-se prin metoda celor mai mici pătrate.

$$\alpha = \frac{\eta \Sigma W_i A_i - \Sigma A_i \Sigma W_i}{n \Sigma A_i^2 - \Sigma A_i \Sigma A_i} = \frac{2.152.020}{10.323.408} = 0{,}208$$

$$W = \frac{37523 - 2508}{12} = 2918 \text{ deci :}$$

$$W = 2918 + 0{,}208 A : w = 0{,}208 \times \frac{2918}{A} \qquad (15)$$

și caracteristicele bilineare :

$$W = W_0 + \alpha A + \beta t$$

adică : $W = 15956 + 16{,}61 A - 1100 t - 0{,}543 At$ (17)

Reprezentate grafic comparativ caracteristicile după (16), (17), și (18) arată că în fig. 5 iar numeric față de datele de observație dau ;

A	Wobs	W (11)		W (12)		W (10)	
		Kg. abur	%	Kg. abur	%	Kg. abur	%
1141	2566	716	−69	1150	− 64	2973	+15,6
1471	3503	4466	+ 23,5	3360	− 4,1	3018	−11,5
974	3105	3100	0	2445	−22,8	2952	−4,8
728	3469	4278	+ 23	3300	− 4,8	2 16	−15,9

$$\alpha = \frac{(n \Sigma Wt - \Sigma W \Sigma t)(n \Sigma At - \Sigma A \Sigma t) - (n \Sigma A W - \Sigma A \Sigma W)(n \Sigma t^2 - \Sigma^2 t)}{D}$$

$$\beta = \frac{(n \Sigma AW - \Sigma A \Sigma W)(n \Sigma A t - \Sigma A \Sigma t) - (n \Sigma W t - \Sigma W \Sigma t)(n \Sigma A^2 - \Sigma^2 A)}{D}$$

unde $D = (n \Sigma At - \Sigma A \Sigma t)^2 - (n \Sigma A^2 - \Sigma^2 A)(n \Sigma t^2 - \Sigma^2 t)$

și care au condus la :

$W_0 = 16980$; $\alpha = 3{,}92$; $\beta = -1026$ adică :

$W = 16980 + 3{,}92 A - 1026 t$ iar $w = 3{,}92 + \frac{16980 - 1026 t}{A}$ (16)

din care se vede că :

— forma (10) dă consumuri supraestimate pentru toate temperaturile mai mari ca tem-

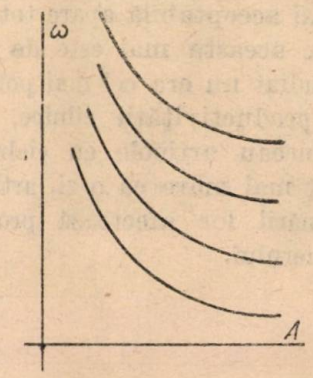


Fig. 4 :

peraturile la care au avut loc observațiile (circa 18°) și subestimate pentru temperaturile mai mici ;

Insfîrșit pentru reducerea erorilor în stabilirea producției (atelierul respectiv fabricînd și articole cu o durată a procesului tehnologic mai mare ca o zi) s-au luat ca observații și temperatura medie a zilelor : 19—22 :25—26 : 27—30 ; 31—2. IX cu care s-a alcătuit tabela 2 cu care s-a calculat caracteristica

$$W = W_0 + \alpha A + \beta t + \gamma At.$$

obținîndu-se : $W_0 = 15956$; $\alpha = 16{,}61$; $\beta = -1100$; $\gamma = -0{,}543$

Tabela 2

Nr.	Data	W	A	t	A^2	t^2	At	A^2t
1	19—22	2566	1141	19,9	1301881	396	22706	25907432
2	25—26	3503	1471	18,9	2163841	357	27802	40896595
3	27—30	3105	974	17,9	948676	319	17434	16981300
4	31—2. IX	3469	728	15,9	529984	252	11575	8426745
Nr. 4		12643	4314	72,6	4944382	1324	79517	92212072

continuare

Nr.	Data	At^2	A^2t^2	WA	Wt	WAt
1.	19—22	451836	515544876	2927806	51063	58263339
2.	25—26	525147	772491237	5152913	66207	97390055
3.	27—30	310706	302627644	3024270	55579	54134433
4.	31—2. IX	183456	133555968	2525432	55157	40154369
		1471145	1724219725	13630421	228006	249942196

— devierile foarte mici ale formei (11) se datoresc nereglării consumului cu încărcarea agreatelor şi cu temperatura ambiantă;

— gradientul mare al temperaturii la forma (11) se poate datora şi considerări temperaturii exterioare halei cînd agregatele sînt interioare;

— cea mai acceptabilă apare tot forma (12).

In afară de aceasta mai este de observat că atelierul studiat nu era cel mai potrivit pentru urmărirea productivităţii zilnice, întrucît în el se produceau articole cu ciclu tehnologic uneori mult mai mare ca o zi, articole care în ziua terminării lor afectează productivitatea reală a atelierului.

Desigur că observaţia mai multor cazuri poate aduce îmbunătăţiri şi noi precizări în problema caracteristicilor productivitate — temperatură şi deci în problema creşterii consumului tehnologic în lunile reci.

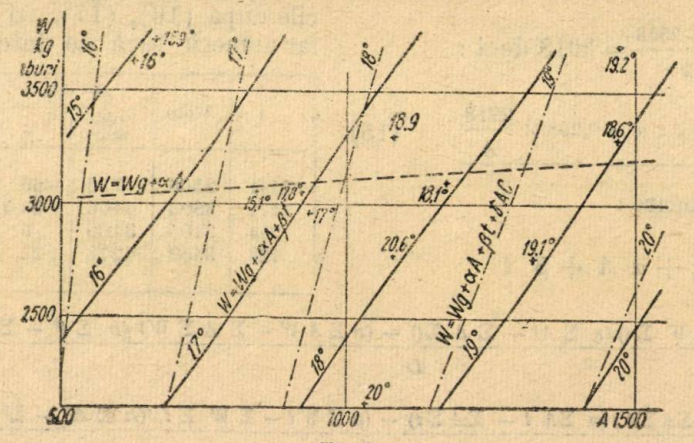


Fig 5

Bibliografie

Veit V. I.: Economia energiei electrice în industrie, Moscova, 1952.

Gofmann: Bazele normării şi analiza consumului energetic în industrie, Leningrad, 1952.

Nagy Csaba şi *Caracudovici V.*: Stabilirea caracteristicilor energetice în întreprinderi cu producţie omogenă, Rev. Energetică, nr. 2/1955.

Saphier I. I.: Caracteristica energetică a agretalelor cu producţie omogenă, Rev. Energetica, nr. 4/1955.

★

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ

Р е з ю м е

Анализируется изменение расхода теплоагрегатов при изменении температуры среды, указываясь что оно тем больше чем м ньше рабочая температура агрегата. Устанавливается метод определения энергетических характеристик в зависимости от производительности и температуры. Предлагается и определяется энергетический критерий для сравнения агрегатов.

308 Cu 3/17
LEFORDITVA

Calculul conductelor de condensat

Ing. V. POPESCU

Se prezintă un studiu original asupra modului just de calcul a conductelor de condensat împins cu ajutorul presiunii restante. Modul de calcul prezentat ține seama de succesiunea fenomenelor la trecerea fluidului prin aparatura de utilizare folosind pentru completarea expunerilor teoretice o serie de coeficienți numerici deduși din îndelungate experiențe personale.

In cele ce urmează se prezintă un studiu asupra modului de calcul a conductelor de condensat, în care condensatul este împins de presiunea restantă.

Nu se cuprind aici conductele de condensat în care lichidul este împins prin pompare sau curge prin gravitație. Pentru aceste cazuri, calculul conductei de condensat se reduce la calculul unei conducte de apă caldă cu observarea măririi secțiunii în proporția în care o parte din secțiune este ocupată de aerul antrenat sau extras din aparatele consumatoare de abur.

Se face în prealabil următoarea observație: în multe instalații condensatul este eliminat prin aparatul de condensație împreună cu o cantitate însemnată de abur. Acest abur, se înțelege, mărește simțitor presiunea disponibilă la capul conductei de condensat dar în nici un caz acest fapt nu ar putea fi luat în considerație la calculul conductei de condensat întrucît corespunde numai unei calități inferioare a aparatului de condensație sau a uzurii sale excesive.

In cele ce urmează vor fi luate în considerare numai aparate de condensație de bună calitate și în bună stare de funcționare.

1. Presiunea restantă

Presiunea restantă este fracțiunea din presiunea totală a aburului care mai rămîne în condensat după trecerea prin aparatul de condensație.

Pentru a evalua cu ce presiune iese condensatul din aparat se vor lua în considerare unele date

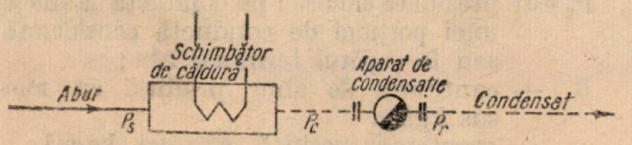


Fig. 1

experimentale și în cazurile unde calculul este posibil și rezultatele calculului.

Se consideră schema de parcurs a aburului prin schimbătorul de căldură.

Se notează:

P_s = presiunea aburului la intrarea în schimbător, atr.

$P_c = c.P_s$ id la ieșirea din schimbător atr.

$P_r = r.P_c$ id la ieșirea din aparatul de condensație atr.

P_s rezultă din calculul conductelor instalației și este presiunea care mai rămîne la intrarea în schimbător după ce s-a scăzut pierderea de presiune pe traseul de conductă de la generator pînă la schimbător.

P_c poate fi uneori calculat dacă se cunoaște construcția aparatului care poate fi: un schimbător cu țevi, un aeroterm de încălzire a aerului, un fierbător, autoclavă etc. Cunoscînd lungimea și secțiunea drumului pe care îl parcurge aburul de-a lungul suprafeței de încălzire, în cursul procesului de condensare s-ar putea obține prin calcul un rezultat mulțumitor.

Dacă se acordă o importanță deosebită calculului conductei de condensat, cel mai bun rezultat se va obține, evident, măsurînd cu un manometru presiunea reală de după schimbător.

In lipsă de date precise, de posibilități de calcul și de măsurare directă se poate lua aproximativ:

$c = 0{,}3$ la un schimbător de căldură cu țevi multe, și foarte lungi, cu coturi multe și diametru mic, deci cu pierdere mare de presiune pînă la ieșirea din schimbător

$c = 0{,}7$ idem dar cu țevi mai scurte de exemplu la un aroterm,

$c = 0{,}9$ la un fierbător cu manta sau canale largi viteză mijlocie a aburului în interior.

$c = 0{,}95$ la un consumator de tipul autoclavă cu viteză mică a aburului pe parcursul de condensare, avînd suprafața de încălzire formată din table mari de exemplu o virolă, și fără nici o deviere a traseului aburului pînă la ieșire;

$c = 1$ la un aparat de purje montat pe linia de abur după separatorul de apă.

Coeficientul r este produsul a doi factori:

1) — Un coeficient care arată reducerea de presiune prin rezistența opusă trecerii condensatului prin deschiderea aparatului de condensație. Această rezistență variază între 20% la aparate de condensație superioară cu plutitor sferic și sertar de trecere a condensatului cu fante largi, pînă la 50% la aparate bazate pe principiul opunerii unei rezistențe mari la trecerea aburului de exemplu: aparate cu plăci labirint sau plăci cu găuri de detentă. Acest coeficient de reducere variază deci între 0,8 și 0,5.

2. Un coeficient care depinde de gradul de continuitate a curgerii condensatului. Dacă curgerea se face cu debit absolut constant se pote lua acest coeficient egal cu unitatea. Dacă curgerea este intermitentă, acest coeficient va avea o valoare între 1 și 0,6. Valoarea minimă va fi luată în considerație, atunci cînd în timp scurt se golește tot condensatul adunat într-o perioadă mai lungă de funcționare : oale de condensare oală plutitoare și ventil ac. Această micșorare a coeficientului este justificată pentru motivul că conducta de condensat are de transportat într-un timp dat un debit mult mai mare decît cel mediu, ceea ce se compensează admițînd respectiv o presiune disponibilă mai mică.

Nu este cazul a se aplica o reducere a presiunii disponibile în proporția în care sporește teoretic rezistența. In realitate conducta de condensat este plină cu un fluid elastic : amestecul de apă — abur se destinde mai departe și după încetarea împingerii, aburul format golește conducta, astfel că la pornire, rezistența opusă este foarte mică. Variațiile bruște ale debitului aparatului de condensație sînt foarte mult amortizate prin elasticitatea conținutului conductei. Experiența dovedește că dacă se admite o reducere a presiunii disponibile pînă la 0,6 din cea teoretică se obține suficientă acoperire.

Cu considerațiile de mai sus s-au determinat cîteva valori pe bază de calcule și experiențe care pot servi de reper pentru asimilări, comparații și interpolări ;

$r = 0{,}3$ la un aparat de condensare cu oală plutitoare și ventil-ac, cu evacuarea intermitentă a cantității de apă adunată într-o perioadă de funcționare ;

$r = 0{,}5$ la un aparat de condesație cu plăci ;

$r = 0{,}8$ la un aparat de condensare cu plutitor sferic și sertare alunecătoare, la o funcționare continuă și uniformă ;

$r = 0{,}95$ la aparatele de condensare montate după separatorii de apă pe liniile principale de abur.

De exemplu, un aeroterm funcționînd cu 6 ata = 5 atr, cu oală de condensare, plutitor sferic, curgere continuă :

$$c = 0{,}7 \quad r = 0{,}8 \quad P_r = 5.\ 0{,}7.\ 0{,}8 = 2{,}8 \text{ atr.}$$

Grație presiunii restante, conductele de condensat nu mai necesită canale subterane și pot fi puse la același nivel cu conductele de abur și a evita astfel costisitoare canale subterane care uneori nici nu pot fi plasate din cauza altor instalații.

Este de observat că sînt multe aparate de condensație de calitate inferioară care permit trecerea cu ușurință și a aburului. Scăpările de abur produse astfel măresc foarte mult presiunea restantă încît o pot aduce pînă la presiunea inițială. Aceasta însă nu constituie un avantaj ci numai o mare pierdere de abur.

2. Calculul cantității de abur degajat din condensat

Apa provenită din condensarea aburului și trecută printr-un aparat de condensație cu o presiune mai mare decît presiunea atmosferică, are și temperatura corespunzătoare acestei presiuni.

In momentul cînd această apă trece în spațiul imediat după condensator unde predomină o presiune mai mică la care corespunde pentru apă în stare lichidă o temperatură și o entalpie mai mică, diferența de entalpie se cheltuiește în vaporizarea unei cantități de apă corespunzătoare.

Notăm :

B este cantitatea de apă ce se vaporizează în kg/kg ;

i_1 — entalpia inițială a apei kcal/kg = circa t_1

i_2 — entalpia finală a apei id = circa t_2

r_2 — căldura de condensare a apei la temperatura t_2 kcal/kg

$$B = \frac{i_1 - i_2}{r_2} \text{ kg/kg} \qquad \text{(a)}$$

Aburul produs formează cu restul de apă o emulsie care curge pe conductă sub efectul presiunii restante.

Pentru calculele ce urmează este necesar a cunoaște cantitatea de abur ce se formează la trecerea condensatului de la o presiune mare la alta mai mică ceea ce se întîmplă de-a lungul întregii conducte de condensat pe măsură ce scade presiunea, precum și greutatea specifică a emulsiei rezultate.

Se introduc următoarele notații :

P_1 este presiunea inițială de intrare a apei în conducta de condensat

$$P_1 = P_r + 1 \text{ ata} ;$$

P_2 este presiunea emulsiei pe conductă la finele unei porțiuni de conductă considerată sau la capătul terminal ata ;

B — cantitatea de abur produsă ca mai sus kg/kg.

γ_a — greutatea specifică a apei kg/m³ ;

γ_e — greutatea specifică a emulsiei kg/m³ ;

v'' — volumul specific al aburului la presiunea medie între

$$P_1 \text{ și } P_2 \text{ m}^3/\text{kg} ;$$

v' — volumul specific al apei — = (suficient de exact) = 0,001 m³/kg.

Greutatea specifică a emulsiei va fi :

$$\gamma_e = \frac{1}{B\,v'' + (1 - B)\,v'} \qquad \text{(b)}$$

3. Calculul conductei

Pentru ușurința calculului se împarte lungimea conductei într-un număr de porțiuni de lungime de cîte 50—100 m fiecare. Presiunea restantă totală utilizabilă P_r se repartizează egal pe lungimea conductei, astfel că se cunoaște presiunea reală medie pe fiecare porțiune.

Pentru fiecare regim de curgere de condensat: 5 ata, 1 ata, 4,5 ata — 1 ata etc., se face calculul greutății specifice a emulsiei după formula de mai sus, pe trepte de presiuni și apoi raportul:

$$\gamma_a/\gamma_e = Y. \qquad (c)$$

Rezultatele acestor calcule sînt date în diagrama și tabela alăturată pentru diferite presiuni inițiale de la 5 ata în jos pe trepte de presiuni.

Calculul a fost făcut pentru presiuni restante pînă la maximum 5 ata. Foarte rar condensatul iese din condensator cu presiune mai mare. Dacă ar apare un caz de curgere de condensat cu presiune mai mare la ieșire, calculul greutății specifice a emulsiei se poate face ușor după metoda indicată mai sus.

Calculul conductelor de condensat se bazează pe considerația că emulsia poate fi asimilată cu un fluid compus din apă și abur.

Din examinarea tabelelor uzuale de valori a coeficientului de frecare λ pentru apă caldă și abur se poate vedea că acest coeficient are, cu suficientă aproximație aceeași valoare pentru ambele fluide, variind în limite nu prea mari în jurul unei valori medii de 0,02. Rezultă că vom putea folosi relațiile și respectiv tabelele de la transportul apei calde pe conductă ținînd seama de efectul măririi volumului specific, respectiv micșorarea greutății specifice.

Din relația generală a pierderii de presiune pe conductă (pusă sub forma folosită în calculele de conducte de apă caldă, apă supraîncălzită și abur)

$$R = 6{,}4 \cdot 10^6 \; \lambda \; G^2/\gamma . \; d^5 \qquad (d)$$

în care:

R este pierderea de presiune în kg/m². m;
λ — coeficient de frecare luat ca valoare medie 0,02;
G — debitul de fluid al conductei kg/h;

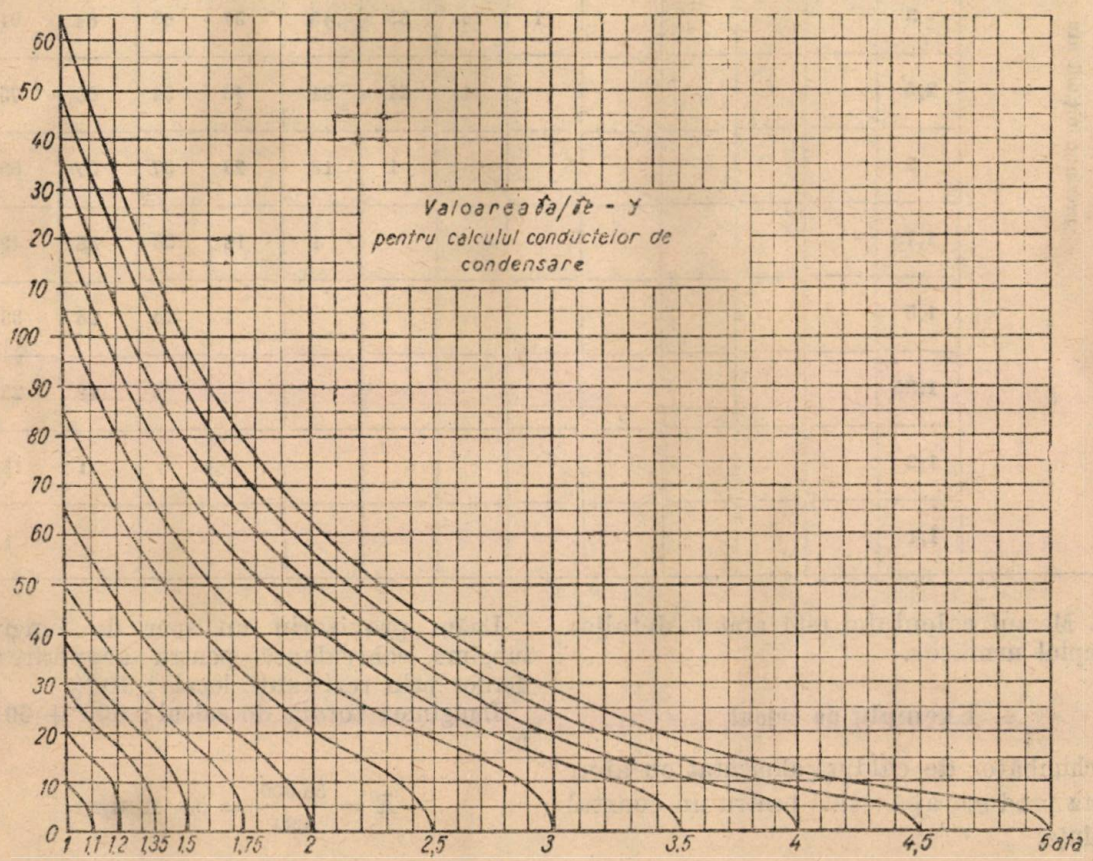


Fig. 2

γ — greutatea specifică a fluidului kg/m³;
d — diametrul interior al conductei, mm.

Rezultă că pentru R, G, și λ constante, produsul $\gamma \; d^5$, trebuie să fie constant, deci γ variază invers proporțional cu d^5. Avem:

$$\frac{d_e}{d_a} = \left(\frac{\gamma_a}{\gamma_e}\right)^{0.2} = Y^{0.2} \qquad (e)$$

în care am mai notat:

d_e este diametrul conductei de emulsie, mm;

d_a — diametrul conductei de apă, mm.

Vom calcula deci diametrul conductei ca pentru apă caldă, respectiv supraîncălzită, la temperatura condensatului pe porțiunea respectivă. Mersul calculului este arătat detaliat în exemplul următor.

Valoarea $\gamma_a/\gamma_e \times Y$ pentru calculul conductelor de condensat

Presiune curentă ata		5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,75	1,5	1,35	1,20	1,1	1
Temp. apei °C			147	142	138	126	133	120	116	111	107	104	102	99
γ_a kg/n			920	822	930	933	936	944	948	950	954	957	958	959
presiune inițială ata	5	1	74	12	19	82	43	63	77	100	117	135	150	165
	4,5		1	8	15	19	38	57	74	90	105	212	136	150
	4			1	11	20	32	50	63	80	93	107	121	137
	3,5				1	15	26	43	55	69	82	95	107	123
	3					1	19	33	43	57	68	81	91	105
	2,5						1	21	31	43	54	65	75	85
	2							1	18	29	37	57	55	65
	1,75								1	18	26	35	42	50
	1,5									1	18	25	33	39
	1,35										1	18	23	30
	1,2											1	15	27
	1,1												1	1

4. Exemplu de calcul

Un schimbător de căldură alimentat cu abur de 11 ata produce apă caldă pentru un cuartal de locuințe.

$$Q_h = 10\,000\,000 \text{kcal/h}$$

Condensatul trebuie retrimis la uzină cu ajutorul presiunii restante. Distanța între schimbător și uzină = 600 m.

Admitem $c = 0{,}6$, $r = 0{,}7$. Rezultă $P_r = 4$ atr. = 5 ata.

Pierderea totală de presiune admisă este deci de 40 000 mm c.a.

Admitem că la uzină, nivelul de intrare a apei în rezervor este la o înălțime de 4 m de la sol. Ne rămîn:

$$40\,000 - 4\,000 = 36\,000 \text{ mm c.a.}$$

Luăm provizoriu un spor de lungime ca lungime echivalentă pentru acoperirea pierderilor prin rezistențe locale: 10%.

Lungimea totală de calcul: $600 + 60 = 660$ m

$$R = \frac{36\,000}{660} = 55 \text{ mm/m.}$$

Debitul conductei se obține astfel: considerăm căldura cedată la condensarea aburului r = circa 500 kcal/kg, deci

$$G = \frac{10\,000\,000}{500} = 20\,000 \text{ kg/h.}$$

Folosim tabela uzuală de calcul a conductelor de apă caldă pentru a avea o indicație provizorie a diametrului, intrînd în tabelă cu:

$$20\,000.\ 20 = 400\,000 \text{ kcal/h.}$$

Obţinem un diametru între 57 şi 64 mm cu viteza de circa 2 m/s. Cu această primă indicaţie calculăm pierderea de presiune la rezistenţe locale :

12 curbe = 12 buc.

6 lire de dilatare = 24 buc. curbe

36 curbe a 0,6 21,4
2 vane a 0,5 1,0
22,4

la viteza de 2 m/s corespunde $Z = 4\,400$ mm, care ne dă o lungime echivalentă de circa 4 400/55 = 80 m.

Rezistenţa lineară raportată la lungimea totală (lungimea reală + lungimea echivalentă) va fi :

$$36\,000/(600 + 80) = 53 \text{ mm c.a./m.}$$

Această rezistenţă rămîne valabilă ori care ar fi compoziţia fluidului (apă + abur) deci pentru orice stare a emulsiei cu condiţia ca pe măsură ce greutatea specifică scade, diametrul să fie majorat conform relaţiei (*e*).

Din relaţia (*d*) scoatem valoarea diametrului :

$$d = \sqrt[5]{\frac{6{,}4.10^6.\lambda.G^2}{\gamma.R}} \qquad (f)$$

Luăm acum o valoare mai exactă pentru λ : valoarea care corespunde la 120° şi $w = 2$ m/s pentru diametrul = 50 mm.

$$\lambda = 0{,}016 \quad \gamma_a = 943.$$

Introducem aceste valori în relaţia de mai sus şi avem :

$$d = 61 \text{ mm.}$$

Impărţim lungimea $L = 600$ m a conductei în şase porţiuni de cîte 100 m şi considerăm pierderea de presiune repartizată egal pe toată lungimea conductei.

Avem : 36 000/6 = 6 000 mm c. a/m

pe fiecare porţiune.

Deci vom consuma în total (considerat inclusiv rezistenţe locale) raportat la lungimea reală :

$$6\,000/100 = 60 \text{ mm c.a/m.}$$

Pe fiecare porţiune aplicăm relaţia de raport Y luată din diagramă sau tabelă, ca medie între presiunea iniţială şi finală a fiecărei porţiuni, notăm valoarea rădăcinii a 5-a din Y şi astfel obţinem pe d_e pe fiecare porţiune. Trecem toate datele şi rezultatele pe o tabelă şi alegem diametrele comerciale D cele mai apropiate.

Port.	P_i ata	P_f ata	L m	R mm/m	d_a mm	Y	$\sqrt[5]{Y}$	d_e mm	D mm
1	5	4,4	100	60	61	6	1,43	87,5	88
2	4,4	3,8	100	60	61	11	1,62	99,0	100
3	3,8	3,2	100	60	61	19	1,81	110	113
4	3,2	2.6	100	60	61	31	1,99	121	125
5	2,6	2.0	100	60	61	48	2,17	132	131
6	2.0	1,4	100	60	61	83	2,42	147	150

2.

In tabela de mai sus s-a notat : P_i — presiunea iniţială şi P_f — presiunea finală, pentru fiecare porţiune de conductă.

Conducta va fi deci construită din 6 porţiuni de conductă de diametre diferite crescînd spre finele conductei.

Dacă s-ar face calculul după alte norme mai puţin juste s-ar obţine pe toată lungimea un singur diametru egal cam cu cel mai mare din tabelă, deci o cheltuială mare de investiţie şi pierdere mai mare de căldură la transportul condensatului.

5. Calculul conductelor de condensat de importanţă secundară

La conducte de importanţă mai mică de exemplu : de 2...2—3 t/h se pot face unele simplificări în calcul.

Luăm $\lambda = 0{,}02$ $\gamma_a = 950$ şi relaţia devine :

$$d_a = 2{,}65 \sqrt[5]{G^2/R}. \qquad (g)$$

Exemplu : $G = 2\,000$ kg/h. Presiunea restantă = 1 at

$$L = 200 \text{ m } R = 10\,000/200 = 50 \text{ mm c.a/m}$$

$$d_a = 2{,}65 \sqrt[5]{2\,000^2/50} = 26 \text{ mm.} \qquad (h)$$

Impărţim conducta în două porţiuni de cîte 100 m cu cîte 5 000 mm c. a. consum de presiune pe fiecare porţiune.

Facem calculul şi tabela ca mai sus :

1	2	1,5	100	26	18	1,79	47	50
2	1,5	1,0	100	26	42	2,12	55	57

3.

Rezultă că diametrul de 26 mm care ar fi bun pentru apă caldă simplă, devine de 50 mm pentru prima jumătate a conductei şi de 57 mm pentru a doua jumătate din cauza transportului de condensat emulsionat, cu condiţia impusă de a se consuma acelaşi disponibil de presiune.

6. Calcul simultan : hidraulic şi termic pentru conducte de condensat împins de presiunea restantă

Acest calcul apare necesar cînd se iau în consideraţie debite foarte mari : răcirea condensatului pe conductă modifică în oarecare măsură modul de calcul arătat mai sus, întrucît pierderea de căldură pe traseu micşorează producţia de abur din condensat şi poate duce la diametre mai reduse care ar putea uneori prezenta un avantaj de economie de investiţie.

Calculul se face în acest caz în mod similar cu cel arătat mai sus, însă relaţia care ne dă cantitatea de apă vaporizată se înlocuieşte cu cea următoare :

$$B = \frac{i_1 - i_2 - qL/G}{r_2} \text{ kg/kg.} \qquad (i)$$

In această relaţie q este pierderea de căldură pe metru liniar de conductă şi care se poate calcula după normele uzuale sau după nomograme termotehnice. Va rezulta evident o cantitate de abur produsă mai mică, vom avea deci o greutate specifică a emulsiei mai mare, raportul Y va fi mai mic şi vor rezulta şi diametre mai mici.

7. Observaţii

Tot calculul prezentat în cele de mai sus este dependent de gradul de exactitate a evaluării presiunii restante. Aceasta nu poate fi cunoscută exact decît dacă se dispune de date precise asupra aparatului schimbător de căldură şi condensatorului.

Pentru uşurarea calculului s-au dat anexate :

— una tabelă cu valori Y calculate pentru presiuni restante pînă la 5 ata ;

— una diagramă cu valori Y întocmită conform cu aceleaşi date ;

— una tabelă cu valori $\sqrt[5]{Y}$.

Nu s-au dat şi urmează a se folosi din documentaţia uzuală :

— tabele de calcul pentru conducte de apă caldă şi supraîncălzită, folosite în calculele de reţele termice şi de încălzire ;

— tabele de valori a coeficientului de frecare λ pentru diferite valori de diametre, viteze şi temperaturi a apei.

Tabel de valori $\sqrt[5]{Y}$

Y	$\sqrt[5]{Y}$	Y	$\sqrt[5]{Y}$	Y	$\sqrt[5]{Y}$	Y	$\sqrt[5]{Y}$
6	1,43	24	1,89	46	2,16	86	2,45
6,5	1,46	25	1,91	47	2,17	88	2,46
7	1,48	26	1,92	48	2,18	90	2,47
7,5	1, 0	27	1,94	49	2,19	95	2,50
8	1,52	28	1,95	50	2,20	100	2,52
8,5	1,54	29	1,97	52	2,21	105	2,54
9	1,56	30	1,98	54	2,23	110	2,57
9,5	1,57	31	1,99	56	2,24	115	2,59
10	1,59	32	2,01	58	2,26	120	2,61
11	1,62	33	2,02	60	2,28	125	2,63
12	1,65	34	2,03	62	2,29	130	2,66
13	1,67	35	2,04	64	2,30	135	2,68
14	1,70	36	2,05	66	2,31	140	2,69
15	1,72	37	2,06	68	2,33	145	2,72
16	1,75	38	2,07	70	2,34	150	2,73
17	1,77	39	2,08	72	2,36	155	2,85
18	1,79	40	2,09	74	2,37	160	2,76
19	1,81	41	2,11	76	2,38	165	2,78
20	1,83	42	2,12	78	2,40	170	2,80
21	1,84	43	2,13	80	2,41	180	2,83
22	1.86	44	2,14	82	2,42	190	2,86
23	1,88	45	2,15	84	2,44	200	2,90

★

РАСЧЕТ КОНДЕНСАТОПРОВОДОВ

Резюме

Предлагается оригинальное исследование о способе правильного расчета конденсатопроводов в которых конденсат движется под действием остаточного давления.

Предлагаемый способ расчета учитывает последовательность явлений при прохождении жидкости через утилизационную аппаратуру, используя для пополнения теоретических выкладок ряд численных коэффициентов, выведенных в течении длительного личного опыта.

Incălzirea prin curenţi de circulaţie a conductoarelor liniilor electrice aeriene în scopul împiedicării formării chiciurii

Ing. VLAD RĂDULESCU

Articolul examinează condiţiile în care se poate împiedica formarea chiciurii pe conductoarele liniilor electrice aeriene, prin încălzirea acestora datorită curenţilor de circulaţie creaţi între puncte de alimentare la ambele capete ale liniilor tratate, fără deconectarea consumatorilor. Curenţii de circulaţie se produc datorită schimbării conexiunilor transformatoarelor în unul din aceste puncte, stabilindu-se un decalaj variabil între tensiunile pe faze ale transformatoarelor din cele 2 staţii limitînd la capete liniile de încălzire. Schimbarea de conexiune necesită în principiu utilizarea unor transformatoare monofazate; cum însă acestea nu sînt de o construcţie curentă, se pot folosi transformatoare cu conexiuni speciale, servind normal, ca rezerve, iar în momentul încălzirii fiind conectate pe bare de rezervă.

1. Importanţa problemei

Pentru a se evita avariile datorite ruperilor de conductoare pe liniile electrice aeriene din cauza depunerilor intense de chiciură, destul de frecventă la noi în ţară, există atît posibilităţi de înlăturare a chiciurii pe cale mecanică, cît şi de împiedicare a formării ei, prin încălzirea pe cale electrică a conductoarelor ce sînt de protejat. Metoda înlăturării mecanice se limitează la tensiuni pînă la 15 kV inclusiv şi la linii de mică importanţă, întrucît operaţia durează relativ mult, riscîndu-se totuşi între timp ruperea conductoarelor. Incălzirea conductoarelor pe cale electrică se poate realiza în modul cel mai simplu prin legarea liniei respective în scurtcircuit la un capăt, aplicîndu-se la celălalt capăt al ei o tensiune astfel aleasă, încît curentul în linie să nu depăşească limita termică pentru conductorul respectiv. Dezavantajul acestei metode constă în necesitatea de a întrerupe consumatorii racordaţi la linia de protejat, pe cîte cel puţin 3—4 ore cît durează manevrele de schimbarea conexiunilor şi încălzirea propriu zisă. Din această cauză încălzirea în scurtcircuit nu se poate aplica liniilor cu simplu circuit alimentînd cu energie electrică consumatori de categoria I, care nu suportă întreruperi, dacă aceştia nu pot fi alimentaţi dintr-o altă sursă de energie electrică.

O posibilitate de încălzire electrică a conductoarelor în asemenea cazuri — fără întreruperea alimentării consumatorilor şi fără utilizarea unor surse speciale de energie în acest scop, constă în încălzirea prin curenţi de circulaţie,— descrisă în cele ce urmează, din punct de vedere al bazelor ei teoretice şi a modului ei de utilizare în practică.

2. Principii generale

Metoda încălzirii prin curenţi de circulaţie se poate aplica numai liniilor electrice aeriene alimentate la ambele lor capete din staţii de transformare, care la rîndul lor trebuie să fie alimentate dintr-un acelaşi sistem energetic. Acest ultim fapt implică alimentarea celor două staţii la o aceeaşi frecvenţă şi aproximativ la un acelaşi nivel de tensiuni.

Schema cea mai simplă pentru realizarea unei încălziri de linie prin curent de circulaţie este cea reprezentată în fig. 1 în care XY este linia pe care se topeşte chiciura iar S_1 şi S_2 staţiile de transformare prin care aceeaşi linie se leagă la sistemul energetic. Acesta din urmă s-a redus la cea mai simplă expresie, adică la o centrală electrică CE, alimentînd prin cîte o linie de tensiune superioară, staţiile S_1 şi S_2 (linia întreruptă din fig. 1).

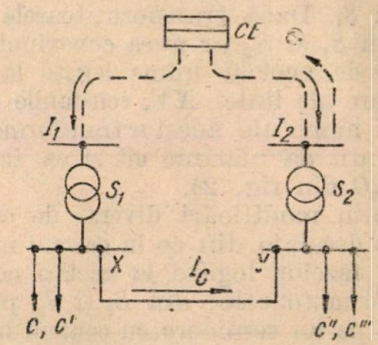


Fig. 1. Schema simplificată a unui sistem energetic, cuprinzînd linia de încălzit XY, alimentată din două părţi. $c, c' c''$, c''' — consumatori.

Fiind dat un astfel de sistem, se pune problema producerii unui curent de circulaţie pe linia de încălzit, independent de curentul de sarcină al liniei. Aceasta se obţine prin producerea unui decalaj corespunzător între tensiunile pe fază ale transformatoarelor din staţia S_1 şi cele ale transformatoarelor din staţia S_2 schimbîndu-se conexiunile celor din urmă, faţă de conexiunile transformatoarelor din staţia S_1.

In acest fel se obţine pe fiecare fază, între punctele X şi Y, o diferenţă de potenţial apreciabil mai mare decît căderea de tensiune normală, cauzată de curentul de sarcină. Se obţine

astfel la o diferență de potențial U_{XY}, curentul de circulație:

$$I_c = \frac{U_{XY}}{Z_{XY}} \leqslant I_{tm} \qquad (1)$$

în care:

Z_{XY} este impedanța liniei considerate;
I_{tm} — curentul limită termic momentan (admisibil într-un timp scurt), la care încă nu scad sensibil calitățile mecanice ale conductoarelor.

3. Obținerea decalajelor între tensiunile pe fază ale transformatoarelor S_1 și S_2 pe înfășurările de joasă tensiune

Fie $A_0O = U_n$, în diagrama din fig. 2, tensiunea nominală (de serviciu) pe faza transformatorului S_1. Dacă transformatoarele din cele două stații S_1 și S_2 ar avea conexiuni identice cu fazele de același nume legate la aceleași conductoare ale liniei XY, tensiunile pe fazele cu același nume ale acestor transformatoare ar coincide, atît ca mărime cît și ca fază (segmenții A_0O din fig. 2).

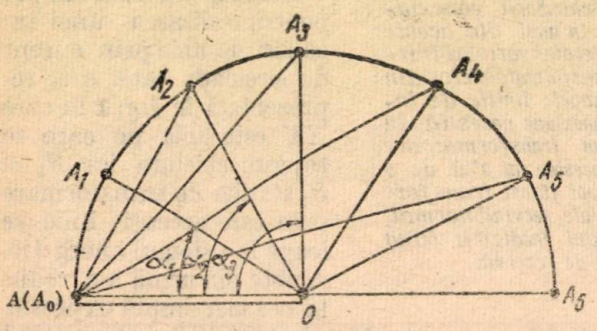


Fig. 2. Diagrama vectorială a variației tensiunii U_{XY}, cu decalajul α.

Dacă prin modificări diverse de conexiuni, se produc decalaje din ce în ce mai mari între tensiunile fazelor legate la același conductor, ale transformatoarelor din S_1 și S_2, punctul A se rotește pe un semicerc cu centrul în O și de rază OA_0. In timp ce vectorul A_0, corespunzînd transformatorului din S_1, rămîne fix, tensiunea pe fază a transformatorului din S_2 ocupă pe rînd în diagramă pozițiile OA_1, OA_2, OA_3... etc. Pe de altă parte, în timp ce în poziția inițială (transformatoarele conectate identic, tensiunile confundate cu OA_0) nu există decalaj între tensiunile pe fază și deci nici diferențe de potențial între X și Y, — în restul pozițiilor apar diferențe de potențial U_{XY}, reprezentate în mărime și fază de segmenții A_0A_1, A_0A_2, A_0A_3, etc.

Decalajele între tensiunile pe fază ale transformatoarelor sînt totodată date de unghiurile α_1, α_2, α_3... etc. (fig. 2).

Situația limită se obține cînd OA_0 și OA_6 sînt direct opuse ca fază ($\alpha = 180°$) ceea ce se produce cînd transformatoarele sînt legate, prin linie, cu fazele în opoziție, cele din S_2 avînd fazele la înaltă tensiune parcurse de curenți în sens invers ca acelea din S_1. Diferența de potențial între punctele X și Y devine astfel egală cu dublul tensiunii nominale pe fază:

$$U_{XY} = 2\,U_n.$$

Din examinarea diagramei din fig. 2 rezultă la fel, că diferența de potențial între capetele X și Y ale liniei de încălzit, poate varia de la zero la $2U_n$, cînd se modifică succesiv conexiunile transformatoarelor din S_2.

In fig. 3 s-a trasat curba de variație a diferenței de potențial U_{XY} în funcție de decalajul între fazele legate la același conductor ale transformatoarelor din S_1 și S_2. Se vede și de aici că diferența de potențial citată variază de la zero la $2U_n$, cînd decalajul α variază de la zero la 180°.

In cele ce urmează se analizează cazurile cele mai interesante de decalaje, între fazele legate la același conductor, ale transformatoarelor din stațiile S_1 și S_2 indicate în fig. 1, presupunînd pentru simplificare cîte un transformator în fiecare stație.

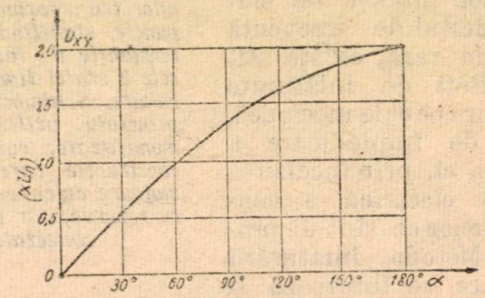


Fig. 3. Curba de variație a diferenței de potențial U_{XY}, în funcție de decalajul α.

In această analiză s-au admis drept conexiuni inițiale ale transformatoarelor, asupra cărora se operează diferite modificări, Yy — 12 pentru stea-stea și Yd — 11 pentru stea-triunghi. Concluziile sînt însă valabile pentru orice alte grupe de conexiuni normale.

a) $\alpha = 30°$. Această situație se obține atunci cînd transformatoarele din stația S_1 au înalta tensiune conectată în stea, iar cele din stația S_2, aceeași înfășurare conectată în triunghi (cazul din fig. 4).

S-a presupus cîte un singur transformator în S_1 (conexiuni stea-stea) și în S_2 (conexiuni triunghi-stea), fazele de joasă tensiune de același nume ale transformatoarelor fiind legate între ele prin cîte un conductor al liniei XY (a cu a', b cu b', c cu c').

In diagrama *I* din fig. 4, s-au reprezentat în linie plină tensiunile pe fază OA, OB, OC în înaltă tensiune și cu linii întrerupte cele din joasă tensiune $0a$, $0b$, $0c$, presupuse decalate la 180° față de cele dintîi, în stația de transformare S_1 (conexiuni stea-stea).

In diagrama *II*, aceeași figură, s-a arătat situația din stația S_2 (conexiuni triunghi-stea). Aici, $O'A'$, $O'B'$ și $B'C'$ sînt tensiunile înalte

iar $O'a', O'b', O'c'$, tensiunile joase corespunzătoare, decalate la 180° față de cele dintîi. Dacă se suprapune acum pe aceeași diagramă sistemul de joasă tensiune $Oabc$ din stația S_1, rezultă

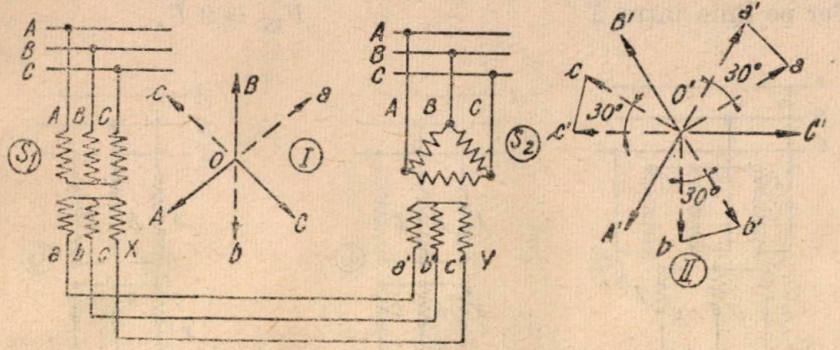


Fig. 4. Schema pentru obținerea unui decalaj de 30° între fazele legate la același conductor, pe joasă tensiune a transformatoarelor din două stații, S_1 și S_2.

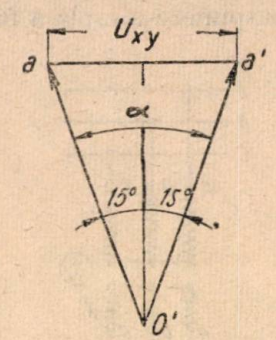


Fig. 5. Calculul diferenței de potențial U_{XY} la $\alpha = 30°$

decalaje de cîte 30° între $O'a$ și $O'a'$, între $O'b$, și $O'b'$ și între $O'c$ și $O'c'$.

Într-adevăr tensiunile înalte din S_2 se obțin, din cauza legăturilor în triunghi, compunînd de exemplu pe OB cu $-OC$ din diagrama I și obținînd astfel vectorul $O'B'$, decalat cu 30° față de OB; la fel pe OA cu $-OB$, obținînd vectorul $O'A'$ decalat cu 30° față de OA; în fine, pe OC cu $-OA$, obținînd vectorul $O'C'$, decalat cu 30° față de OC.

trebuie să fie diferit în S_2 față de S_1 spre a se obține în S_2 aceeași tensiune în primar.

b) $\alpha = 60°$. Acest caz se poate obține practic în două feluri și anume:

b_1) Dacă transformatorul din S_1 este legat pe înaltă tensiune conform diagramei I din fig. 6, transformatorul din S_2 trebuie să fie legat tot pe înaltă tensiune, conform diagramei (II), la care corespund conexiunile din fig. 6 (cu sensul curentului inversat în fazele înfășurării iar fazele permutate, fiecare cu cea dinaintea ei, în sensul invers celui normal de rotație).

Dacă se suprapune și aici sistemul $Oabc$ din diagrama I peste diagrama II se obțin dec-

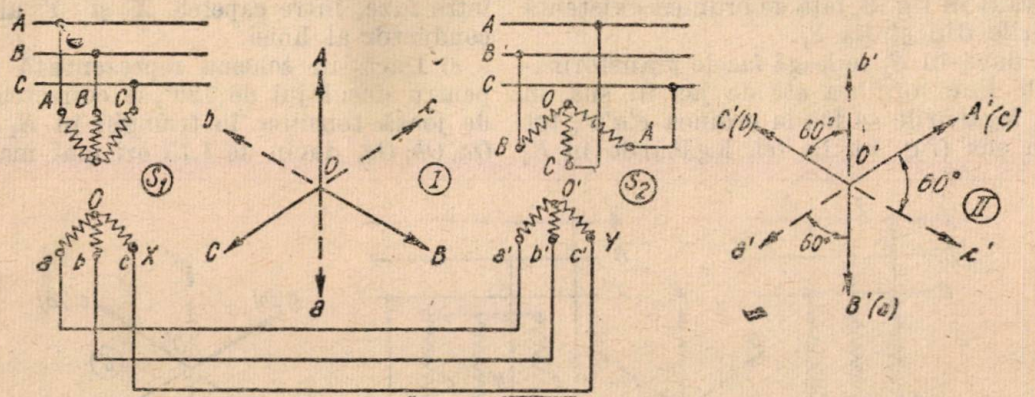


Fig. 6. Conexiuni pentru realizarea decalajului de 60° între capetele liniei dintre stațiile S_1 și S_2.

Tensiunile corespunzătoare joase $O'a, O'b', O'c'$ fiind opuse la 180° tensiunilor $O'A', O'B', O'C'$, rezultă imediat același decalaj la 30° între $O'a$ și $O'a'$, $O'b$ și $O'b'$, $O'c$ și $O'c'$.

Diferența de potențial U_{XY} pentru un același conductor (de exemplu, cel care leagă faza a cu faza a'), se poate deduce din triunghiul tensiunilor corespunzător acestor faze, desenat separat în fig. 5. După aceasta rezultă:

$$U_{XY} = O'a \sin 15° + O'a' \sin 15° =$$

$$= 2 \cdot U_n \cdot \sin 15° \cong 0{,}519 \cdot U_n.$$

In diagrama din fig. 5 s-a presupus pentru simplificare că transformatoarele din S_1 și S_2 au același raport de transformare, $n = 1$. In realitate, raportul este diferit de unitate, și

laje de cîte 60° între $O'a$ și $O'a'$, între $O'b$ și $O'b'$ și între $O'c$ și $O'c'$.

Tratînd iarăși separat triunghiul tensiunilor

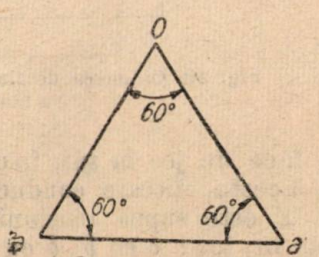


Fig. 7. Calculul diferenței de potențial, U_{XY} la $\alpha = 60°$

$O'a, a'$ (fig. 7) se vede ușor că acesta este echilateral, fiindcă unghiul la centru în O este de

60°, iar vectorii $O'a'$ şi $O'a$ sînt egali între ei ca tensiuni pe fază. Rezultă :

$$\overline{aa'} = \overline{O'a} = \overline{O'a'} = \overline{U_n} \qquad (3)$$

b_2) Acelaşi rezultat se obţine dacă se face o transpunere simplă a fazelor pe linie între X şi Y, iar transformatorul din S_2 se prevede cu sensul inversat al curentului în fiecare fază pe înaltă tensiune, faţă de sensul corespunzător în transformatorul din S_1 (fig. 8).

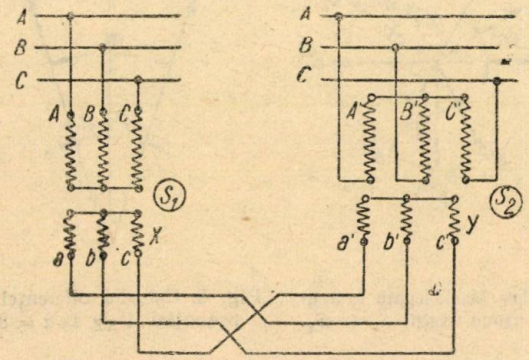


Fig. 8. Obţinerea decalajului de 60° între staţiile S_1 şi S_2 prin transpunerea simplă pe linie şi inversarea fazelor pe înaltă tensiune, la S_2.

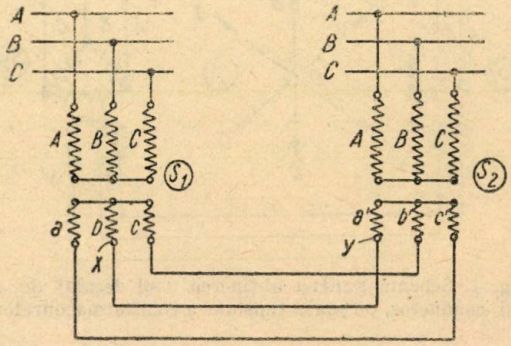


Fig. 9. Obţinerea decalajului de 120° între staţiile S_1 şi S_2, prin conectarea inversă a liniei la staţia S_2.

c) $\alpha = 120°$, se obţine prin conectarea inversă a fazelor liniei, la legarea acesteia la înfăşurarea de joasă tensiune a transformatorului S_2, aşa cum se arată în fig. 9, faţă de ordinea existentă la legăturile din staţia S_1.

Astfel, dacă în S_1 se leagă fazele transformatorului de linie ordinea *abc* de jos în sus, în staţia S_2 legăturile se fac în ordinea $c'a'b'$, tot de jos în sus (fig. 9). La fel, legăturile în S_2 s-ar putea face de jos în sus, în ordinea $b'c'a'$.

In felul acesta, fiecare conductor al liniei între X ş Y este supus tensiunii între două faze (de sus în jos : c cu b', b cu a', a cu c'). Rezultă deci :

$$U_{XY} = \sqrt{3} \cdot U_n = 1{,}73\ U_n \qquad (4)$$

d) $\alpha = 180°$. Schema în acest caz este cea arătată în fig. 10, cu fazele legate invers pe înalta tensiune a transformatorului din S_2, şi după cum s-a mai arătat, se obţine în acest caz între X şi Y, pe fiecare conductor al liniei tratate, o tensiune egală cu dublul tensiunii nominale pe fază :

$$U_{XY} = 2\ U_n \qquad (5)$$

Intr-adevăr, după cum rezultă din diagramele *I* şi *II* ale fig. 10, în care s-au trasat cu linii pline tensiunile pe partea de înaltă tensiune şi cu linii întrerupte cele pe joasă tensiune, dacă se presupune peste diagrama *II* sistemul de joasă tensiune *Oab*, între aa' şi bb', respectiv cc', se obţine de două ori tensiunea între faze, între capetele X şi Y ale fiecărui conductor al liniei.

e) Dacă în schema reprezentată în fig. 9, pentru decalajul de 120°, se conectează partea de joasă tensiune în triunghi în S_1 tensiunile *Oa*, *Ob*, *Oc*, devin de 1,73 ori mai mari. Se de-

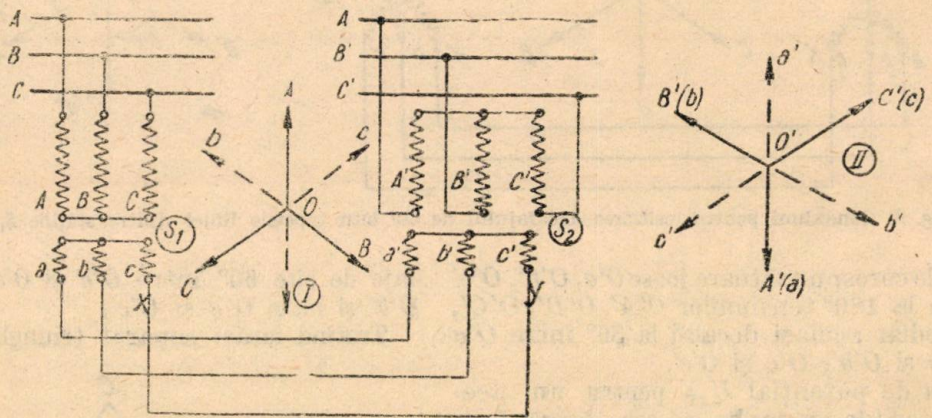


Fig. 10. Obţinerea decalajului de 180° între staţiile S_1 şi S_2, prin conectarea inversă a înaltei tensiuni a transformatorului din S_2.

monstrează în acest caz pe diagramă că decalajul corespunzător între tensiunile pe fazele legate la cîte un acelaşi conductor al liniei rezultă de 150°, iar tensiunile între X şi Y de 2,65 U_n, datorită sporirii tensiunilor secundare din S_1 la 1,73 U_n.

La fel, cu acelaşi efect se poate trece la conexiunile triunghi pe joasă tensiune în S_2.

4. Posibilități de trecere de la conexiunea normală la cea de încălzire și invers

Încălzirea conductoarelor liniilor electrice aeriene prin curenți de circulație, în scopul topirii chiciurii, comportă vehicularea pe distanțe mari a unor puteri active și reactive fără efect util, puterile active care depășesc sarcina normală a liniilor fiind consumate în pierderi suplimentare pe acestea. In consecință, este necesar ca sistemele electrice respective să nu funcționeze în montaj de încălzire decît timpul strict necesar acestei operații. Trebuie deci să existe o posibilitate rapidă de trecere de la o conexiune la alta, pe cît posibil fără întreruperea consumatorilor, sau cu întreruperi minime ale lor. In acest scop se pot aplica două procedee și anume :

A. Procedeul schimbării conexiunilor pe partea de înaltă tensiune a transformatorului din S_2. Acest procedeu implică utilizarea în stația S_2 a unui grup de trei transformatoare monofazate, în locul unuia trifazat și a unui joc relativ complicat de separatoare de înaltă tensiune. Conexiunile ce se realizează sînt diferite, după decalajul ce urmează a se realiza pe un același conductor între tensiunile pe fază din S_1 și S_2 și anume :

a) Pentru decalajul de 30° este teoretic necesar un grup de transformatoare cu comutare specială de prize și un comutator stea-triunghi pe partea de înaltă tensiune a transformatorului din S_2. Cum însă asemenea comutatoare nu sînt de fabricație curentă, conexiunile trebuie realizate cu două comutatoare tripolare. In fig. 11 este arătată adaptarea la teren a conexiunilor necesare în acest caz : cu separatorul *1* închis

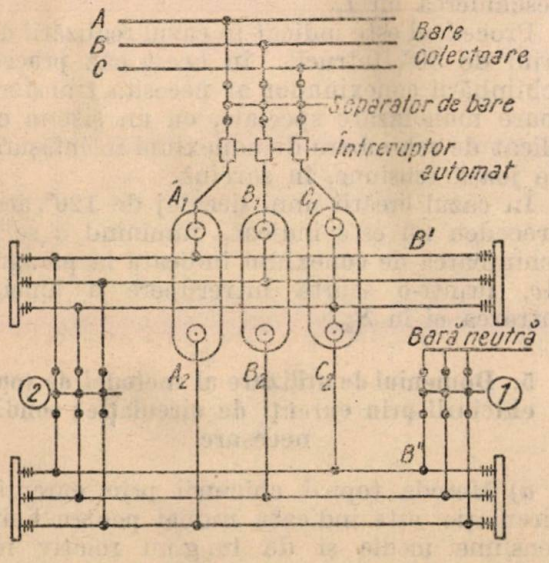


Fig. 11. Amplasarea pe teren a conexiunilor pe înaltă tensiune a transformatorului din S_2, pentru realizarea decalajului de 30°.

se obține conexiunea stea, iar cu separatorul *2* închis conexiunea triunghi. Dispozitivul necesită două serii de bare auxiliare, B' și B''.

Odată cu manevrarea separatoarelor trebuie realizată o comutare de prize în sarcină, preferabil pe joasă tensiune a transformatoarelor, cu punere în serie paralel a bobinelor mărind la de $\sqrt{3}$ ori numărul spirelor.

b) Decalajul de 60°. In fig. 12 este arătată adaptarea la teren a schemei ce se realizează

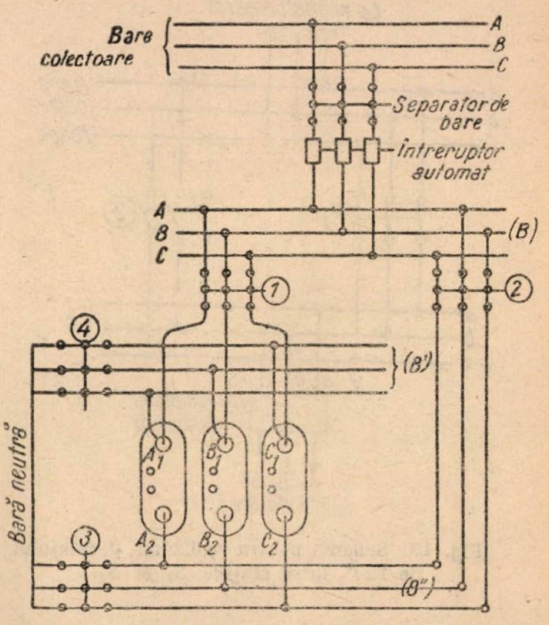


Fig. 12. Amplasarea pe teren a conexiunilor pe înaltă tensiune a transformatorului din S_2, pentru realizarea decalajului de 60°.

pentru $\alpha = 60°$. Și în acest caz, ar fi fost necesare două comutatoare tripolare (cîte unul pentru bornele de intrare și ieșire ale înaltei tensiuni). Cum însă comutatoarele de înaltă tensiune nu sînt de fabricație curentă, fiecare comutator tripolar se înlocuiește prin cîte două separatoare tripolare. Conexiunile normale se obțin cu separatoarele *1* și *3* închise și cu *2* și *4* deschise, iar conexiunile pentru încălzire, se obțin cu separatoarele *2* și *4* închise și *1* și *3* deschise. Totodată, este nevoie în acest caz de trei serii de bare auxiliare : BB' și B''. Bine înțeles, în ambele cazuri trebuie realizate blocaje între separatoare, astfel încît să nu poată fi închise *1* respectiv *1* și *3*, cînd sînt deschise separatoarele *2* respectiv *2* și *4* și invers, manevrele fiind posibile numai cu întreruptorul automat respectiv deschis.

Dispozitivul s-a schițat în ambele cazuri în ipoteza echipării stației S_2 cu bare simple. In cazul cînd ea se realizează cu bare duble, se prevăd două separatoare pe barele colectoare, în montaj normal pentru asemenea cazuri. In fine, în fig. 11, pentru simplificarea figurii, nu s-au mai desenat bornele de joasă tensiune ale transformatoarelor.

c) Decalajul de 120° se realizează conform fig. 13, pe partea de joasă tensiune a stației S_2. Necesită o serie de bare auxiliare B, precum și două separatoare tripolare, *1* și *2* ; pentru conectare normală se închide separatorul *1*,

iar pentru încălzire, separatorul 2. In cazul arătat la punctul *b*, cu transpunerea pe linie între S_1 şi S_2, dispozitivul rămîne acelaşi, decît că linia se leagă la barele *B* în ordinea *cab*, de la stînga la dreapta (aceeaşi ca la separatorul 2). Şi aici se blochează cele două separatoare între ele şi cu întreruptorul automat.

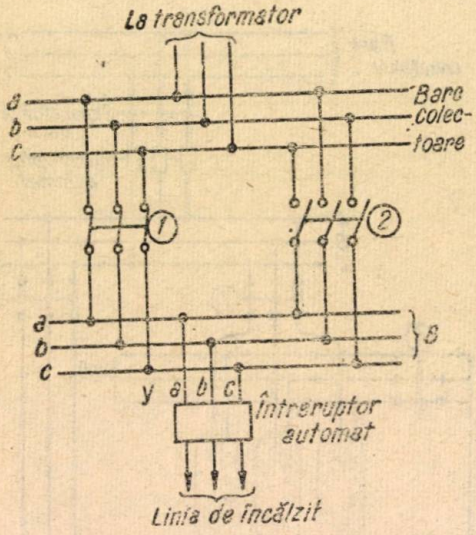


Fig. 13. Schema pentru realizarea decalajului de 120°, între staţiile S_1 şi S_2.

b) Se trec eventualele derivaţii legate pe barele *II*, de pe aceste bare pe barele *I*, cu manevrele indicate în acest caz.

c) Se trece linia *XY* de pe barele *I* pe barele *II*, prin jocul celor două separatoare tripolare respective şi se închid separatoarele transformatorului *Tr. r.*

d) Prin comandă electrică, se închid întreruptoarele I_r şi I_r', simultan cu declanşarea întreruptorului de cuplă I_c.

Prin aceste manevre se trece de la conexiunile normale la cele de încălzire fără întreruperea consumatorilor alimentaţii din staţia S_2.

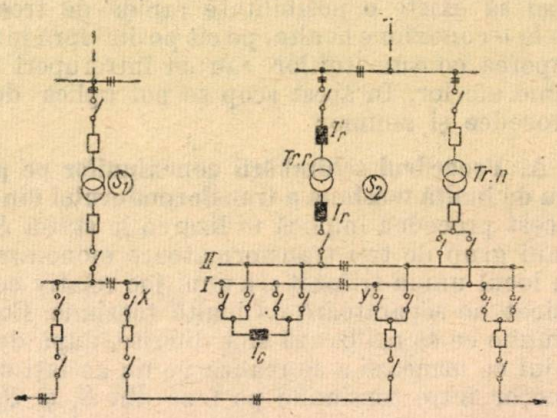


Fig. 14. Schema monofilară pentru montajul cu transformator de rezervă în staţia S_2.

d) Decalajul de 180° se realizează cu acelaşi montaj ca în fig. 12, cu deosebirea că separatoarele *1* şi *3* realizează aceeaşi ordine de conexiuni, la închidere, adică *ABC* de la stînga la dreapta. In realitate, diferenţele de potenţial U_{XY}, egale cu 1,73 ori sau de două ori tensiunea nominală, nu se pot practic utiliza decît la tensiuni joase, la care folosirea transformatoarelor monofazate şi combinaţiile de bare auxiliare devine prea costisitoare. Este deci preferabil să se utilizeze aici cea de a doua metodă, expusă mai departe

B. **Procedeul transformatoarelor conectate pe bare de rezervă.** In toate situaţiile examinate la paragraful precedent A, cu excepţia cazului de la punctul *c*), al decalajului de 120°, se poate utiliza montajul arătat în schema din fig. 14, pentru o trecere rapidă de la conexiunile normale la cele de încălzire — şi invers. In acest caz este neapărat necesar ca staţia S_2 să fie echipată cu bare duble pe partea de joasă tensiune — un sistem de bare (*I* în figură) fiind cel activ, iar cel de al doilea (*II* în figură), conţinînd ca sistem de bare de rezervă. Pe acestea din urmă se poate lega, în caz de nevoie un transformator de rezervă *Tr.r* conectat pe înaltă tensiune, la schema corespunzătoare decalajul ce urmează a se crea între S_1 şi S_2 (30,60 sau 120°).

In momentul cînd trebuie să se treacă la schema de încălzire, trebuie făcută o serie de manevre şi anume:

a) cu întreruptoarele I_r şi I_r' deschise, se închide întreruptorul de cuplă I_c.

b) Se trec eventualele derivaţii legate pe barele *II*, de pe aceste bare pe barele *I*, cu manevrele indicate în acest caz.

c) Se trece linia *XY* de pe barele *I* pe barele *II*, prin jocul celor două separatoare tripolare respective şi se închid separatoarele transformatorului *Tr. r.*

d) Prin comandă electrică, se închid întreruptoarele I_r şi I_r', simultan cu declanşarea întreruptorului de cuplă I_c.

Prin aceste manevre se trece de la conexiunile normale la cele de încălzire fără întrerupere a consumatorilor alimentaţii din staţia S_2.

Pentru trecerea inversă, de la conexiunile de încălzire la cele normale, se execută manevrele indicate mai sus în ordine inversă, începînd cu deschiderea prin comandă electrică a întreruptoarelor I_r şi I_r' şi închiderea simultană a întreruptorului de cuplă I_c şi terminînd cu deschiderea lui I_c.

Procedeul este indicat în cazul realizării decalajul de 30°, întrucît în acest caz procedeul schimbării conexiunilor ar necesita transformatoare monofazate speciale, cu un sistem complicat de schimbare de conexiuni în înfăşurarea de joasă tensiune, în sarcină.

In cazul creării unui decalaj de 120°, acelaşi procedeu nu este indicat, rămînînd a se face schimbarea de conexiuni indicată la paragraful *Ac*, printr-o scurtă întrerupere a liniei, la intrarea ei în S_2.

5. Domeniul de utilizare al metodei de topirea chiciurii prin curenţi de circulaţie; condiţii necesare

a) Metoda topirii chiciurii prin curenţi de circulaţie este indicată numai pentru linii de tensiune medie şi de lungimi relativ mari. Aceasta, întrucît impedanţa pe km a liniilor de înaltă tensiune creşte foarte încet, cînd tensiunea nominală se dublează, sau chiar se triplează. In consecinţă, dacă U_{XY} din formula (1) are valori prea mari, I_c creşte peste limita termică a conductorului respectiv, riscîndu-se avarierea liniei. Dacă metoda se aplică la linii

mai lungi, creşte impedanţa Z_{XY} de la numitorul aceleiaşi formule, reducîndu-se astfel curentul I_c.

b) Condiţiile necesare pentru aplicarea metodei, sînt următoarele :

α) Linia de încălzit trebuie să fie neapărat legată la ambele capete la staţii de transformare scoborîtoare de tensiune, iar între barele de înaltă tensiune ale acestora trebuie să existe în orice caz o cale de curent, cu care linia de încălzit trebuie să formeze o buclă. In cazul din fig. 1, această buclă se închide prin barele centralei CE. In cazurile reale însă, bucla se închide pe trasee mai complicate, în cadrul unui sistem energetic interconectat.

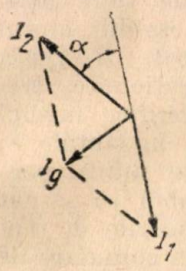


Fig. 15.

Se poate demonstra că, în afară de cazurile speciale arătate mai departe, curentul de circulaţie se închide în această buclă în sensul $I_1 — I_c — I_2$ (după săgeata punctată), conform fig. 1.

Curentul I_g dat de sursa de energie din centrala *CE* va fi în acest caz rezultanta curenţilor I_1 şi I_2, aşa cum se arată în fig. 15.

β) Inainte de aplicarea metodei, trebuie făcută o verificare a circulaţiei de curenţi şi de puteri active şi reactive, precum şi dacă aceste puteri pot fi produse în sistemul energetic, în limitele supraîncărcărilor admisibile în acest interval de timp.

Este de observat că în cazul simplu arătat în fig. 1, dacă liniile de înaltă tensiune *CE*-S_1 şi *CE*-S_2 sînt lungi, supraîncărcarea datorită curentului de circulaţie dă căderi de tensiuni mari, reducînd apreciabil tensiunile U_X şi U_Y şi totodată pe U_{XY} şi I_c. Cu cît pe porţiunile *CE* —S_1 şi *CE*—S_2 există linii mai puternice, alimentînd mai multe staţii, cu atît calculele se apropie de cele din ipoteza că $U_X = U_Y = U$ (tensiunea nominală).

γ) Se va mai verifica în prealabil dacă aparatajul din celulele parcurse de curenţii de circulaţie îi suportă, cu supraîncărcările admisibile, montîndu-se în deosebi în aceste celule transformatoare de intensitate cu două rapoarte de transformare, astfel încît valoarea superioară să corespundă curentului de circulaţie cu supraîncărcarea respectivă.

La ultima oprire a instalaţiei înainte de perioada de chiciură, se va face operaţia schimbării raportului şi totodată se va trece înalta tensiune pe priza de tensiune minimă a transformatoarelor pentru a se obţine valori maxime U_X, U_Y şi deci şi pentru curentul de circulaţie.

δ) In staţiile S_1 şi S_2 trebuie prevăzute transformatoare cu puterea aparentă corespunzătoare curentului de circulaţie al încălzirii (cu rezerva supraîncărcării). Procedeul schimbării conexiunilor nu este încă aplicabil la noi în ţară, întrucît nu se fabrică de industria noastră transformatoare monofazate. In cazul aplicării, el ar avea avantajul că ar permite încălzirea cu echipamentul normal al staţiilor, deşi cu supraîncărcarea transformatoarelor şi eventual cu aparate supradimensionate. Este puţin indicat pentru decalajul de 30°, după cum s-a arătat mai înainte. Al doilea procedeu necesită transformatoare în plus ; dar acestea pot servi şi ca rezervă normală, iar în cazul cînd din staţia respectivă mai pleacă şi alte linii. procedeul permite încălzirea uneia singure din ele, branşată pe barele de rezervă.

6. Diagrame de funcţionare a liniei tratate

Se disting două cazuri şi anume :

a) Linia considerată serveşte ca linie de transport de energie electrică fără a alimenta consumatori între *X* şi *Y*.

b) Linia alimentează consumatori pe parcursul dintre cele două staţii.

a) Primul caz se mai poate încă simplifica :

— admiţînd că pe linia încălzită nu trece decît curentul de circulaţie I_c ;

— admiţînd că tensiunea $U_X = U_Y$ este tensiunea nominală U_n pe fază a transformatoarelor din S_1 şi S_2, fără a ţine seama de căderea de tensiune în transformatoare şi pe restul buclei.

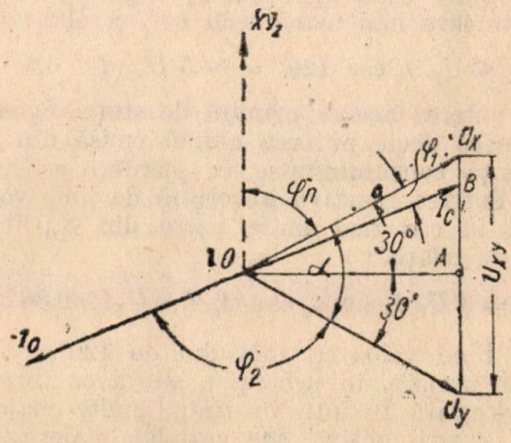


Fig. 16. Diagrama de funcţionare, în cazul unei linii de transport cu $\alpha = 60°$.

α) Luînd ca exemplu cazul decalajului de 60°, diagrama de funcţionare este cea reprezentată în fig. 16, pentru o fază oarecare.

Diferenţa vectorială între tensiunile U_X şi U_Y, legate la acelaşi conductor în staţiile S_1 şi

S_2 este egală în acest caz cu fiecare din vectoarele U_X și U_Y.

Dacă se ia drept orizontală în figură, bisectoarea OA a unghiului de 60°, se poate construi vectorial U_{XY} după o verticală ridicată în O (fig. 16). Curentul de circulație I_c între cele două capete ale liniei, este dat în acest caz de:

$$I_c = \frac{U_{XY}}{Z_{XY}}. \qquad (6)$$

In general un asemenea curent este decalat cu ceva mai mult decît 60° față de tensiunea U_{XY}, aplicată pe fiecare fază a liniei, dat fiind că pe liniile de înaltă tensiune, cos $\varphi_n = \frac{R_{XY}}{Z_{XY}}$ este în general în jurul valorii de 0,5. Rezultă de aci că decalajul φ_1 între U_X și I_c este în orice caz foarte mic, fiind dat, după cum rezultă din fig. 16, de relația:

$$\varphi_1 = \varphi_n - 60° \qquad (7)$$

în care φ_1 este decalajul între U_{XY} și I_c.

Totodată, puterea emisă din S_1 (din punctul X) va fi *aproape numai activă*, din care se consumă între X și Y o putere corespunzătoare în linie, iar restul, exprimat prin relația:

$$P_Y = 3\, U_X \cdot I_c \cos \varphi_2 \qquad (8)$$

este primit în stația S_2 — respectiv este absorbit de pierderile în transformatorul din S_2 și în restul buclei. Decalajul φ_2 fiind mai mare ca 90°, expresia va fi afectată de semnul minus.

Rezultă totodată că I_c se închide în buclă în sensul $CE - S_1 - S_2 - CE$.

In relația (8), $\varphi_2 = \varphi_n + 60°$, φ_2 fiind unghiul exterior triunghiului tensiunilor, iar unghiul $\widehat{OBA}$ fiind egal cu φ_n (fig. 16). Dacă φ_n este ceva mai mare decît 60°, rezultă:

$$P_Y < U_Y \cdot I_c \cos 120° = -3\, U_Y \cdot I_c \cdot 0{,}5$$

Deci puterea activă primită de stația S_2 este mai mică decît puterea activă emisă din S_1, diferența consumîndu-se în pierderi pe linia XY. Puterea reactivă absorbită de linie va fi emisă în cea mai mare parte din S_2, fiind dată de relația:

$$Q_Y = 3\, U_Y\, I_c \sin \varphi_2 \text{ sau } Q_y < 3\, U_Y I_c \cdot 0{,}867$$

0,867 fiind valoarea sinusului de 120°.

Prin urmare, în principiu, stația cu tensiunea decalată înainte în timp, emite majoritatea puterii active, iar cealaltă, majoritatea puterii reactive.

β) Dacă se ține seama de căderea de tensiune în liniile de înaltă tensiune CE-S_1 și CE-S_2, precum și în transformatoare, tensiunile efective pe faze U_X și U_Y sînt mai mici decît tensiunea nominală U_n, iar unghiul α' între ele este mai mic decît unghiul teoretic α (fig. 17). Prin aceasta se reduce și diferența de tensiune U_{XY} și deci și curentul I_c. In concluzie, dacă nu se ține seama de căderile de tensiune în liniile de înaltă tensiune și în transformatoare, curentul de circulație se evaluiază totdeauna în plus ceea ce conduce la o utilizare pe timp prea scurt a montajului de încălzire și poate determina o încălzire necompletă a chiciurii. Este deci recomandabil ca să se utilizeze calculul teoretic, care nu ține seamă de căderile de tensiune, numai pentru alegerea calitativă a liniilor care pot fi supuse metodei curenților de circulație. Odată însă stabilit faptul că o linie poate fi supusă metodei menționate, trebuie să se verifice nivelul de tensiune în stațiile S_1 și S_2, fie chiar numai pentru a se stabili că se pot compensa căderile de tensiune din amonte de acestea, prin comutare de prize de transformatoare. Altfel, cu calculul teoretic se pot obține pentru curentul de circulație valori cu 15—20% mai mari decît cele efectiv produse.

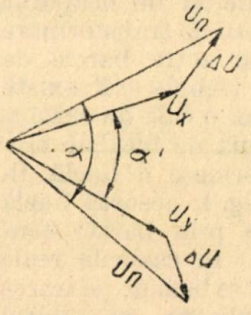


Fig. 17.

Bineînțeles, în cazul cînd alimentarea stațiilor S_1 și S_2 se face dintr-o singură centrală electrică, în care se poate ridica tensiunea generatoarelor fără prejudicii pentru consumatorii locali, se va aplica această măsură.

γ) In cazul cînd pe linia XY se mai transportă și un curent de sarcină I_s, intrînd în stația S_2, acesta va fi sensibil mai mic decît curentul de circulație. In ipoteza că acest curent I_s este emis din S_1 și decalat cu unghiul φ_s în urma tensiunii U_X, el se compune cu curentul de circulație I_c, obținîndu-se curentul rezultat I_r (fig. 18). Dacă sarcina citată se consumă în barele de joasă tensiune din S_2, în cadranul

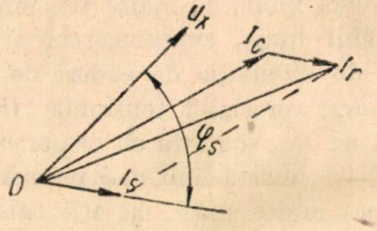


Fig. 18. Diagrama de funcționare, ținînd seama de curentul de sarcină I_s, transportat pe linia XY.

opus al diagramei, I_s se scade vectorial din I_r, obținîndu-se I_c.

b) In cazul al doilea, cu consumatori branșați pe linia XY, ipoteza cea mai defavorabilă corespunde cazului cînd consumatorii se conectează la jumătatea liniei. Dacă li se atribuie totodată un factor de putere de 0,866 ($\varphi_s = 30°$) curentul deosebit de ei I_s va fi în fază cu U_Y (fig. 19) și fiecare stație va da jumătate din acest curent ($I_s/2$). Totodată, în stația S_1 curentul $I_s/2$ se adună vectorial la curentul I_c, iar în stația S_2 se scade vectorial din I_c, întrucît aci $\frac{I_s}{2}$ este curentul emis,

deci de semn contrar celui primit I_c; tensiunea pe fază la aceiași consumatori este dată de vectorul OA din fig. 19, egal cu 0,867 U_n.

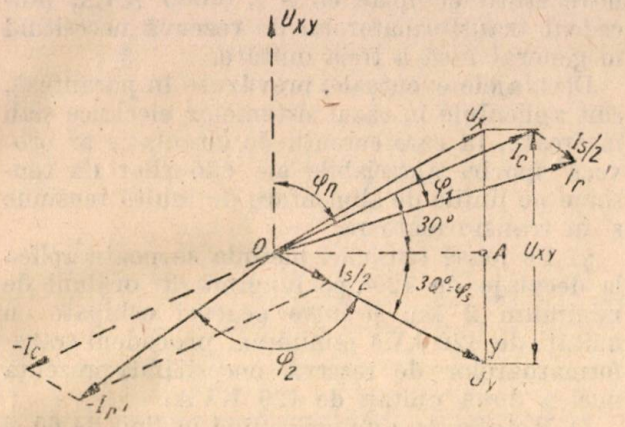


Fig. 19. Diagrama de funcționare în cazul unei linii alimentînd consumatori cu $\alpha = 60°$.

Deci în situația de încălzire, ei ar suporta o cădere de tensiune de 13,3% din valoarea lui U_X. De aceea, decalajul de 60° trebuie aplicat fie între stații cu un reglaj corespunzător a tensiunii în sarcină, fie pe linii alimentînd consumatori de un specific capabil a suporta asemenea situații. Puterea activă și cea reactivă, emise din stația S_1, respectiv din S_2 sînt în acest caz: $P = 3U_X I_r \cos \varphi_1$ (din S_1) și

$$Q = 3U_Y \cdot I_r' \sin \varphi_2 \text{ (din } S_2)$$

în care I_r și I_r' sînt suma, respectiv diferența vectorială între I_c și $I_s/2$.

Pentru a nu se complica mai mult problema, nu se mai ține seama și de curentul de sarcină transportat dincolo de S_2, influența sa fiind cuprinsă în aproximația calculului.

Dacă în locul liniei XY s-ar afla mai multe linii legate în paralel este avantajos să fie încălzite toate odată, ținînd seama că în fiecare curentul de circulație se repartizează în raport invers cu impedanțele respective.

In fine, dacă există posibilitatea a se alege punctul principal de alimentare cu putere activă S_1, el se va lua cel mai apropiat de centrul de greutate al consumatorilor (sau de principalul consumator izolat), obținîndu-se astfel o situație optimă din punct de vedere al încălzirii cu I_r maximum și cu I_r' foarte apropiat de I_c fără sarcină pe linie. Dacă centrul de greutate al consumatorilor (sau principalul consumator izolat) se plasează aproape de S_2, curenții de sarcină emiși din S_1 și S_2 tind să se egaleze; cel din S_1 scade din cauza impedanței mari dintre acest punct și consumator, iar cel din S_2, datorită tensiunii mai scăzute din acest punct, dacă pe parcursul CE-S_2 căderea de tensiune este mai mare ca pe CE—S_1.

c) Cazul decalajului de 30° între stațiile S_1 și S_2, este arătat în fig. 20, în situația de la punctul *a* (linie de transport). Din diagramă rezultă:

$$\varphi_1 = \varphi_n - 75° \qquad (11)$$

și $$Q = 3U_Y \cdot I_r' \sin \varphi_2 \text{ (din } S_2)$$

Dacă $\varphi_n \cong 60°$, evident că φ_1 este negativ, vectorul I_c fiind decalat înaintea vectorului U_X. Puterea activă emisă din S_1 devine în acest caz:

$$P_e = 3\,U_X \cdot I_c \cos \varphi_1 = 3\,U_X I_c \cos(-15°) = 3U_X \cdot I_c\, 0{,}966$$

Deci și în acest caz S_1 emite aproape toată puterea activă cerută, cînd nu există sarcină pe linie.

Puterea activă primită în stația S_2 este exprimată de relația:

$P_p \cong 3U_Y I_c \cos 135° = -3U_Y \cdot I_c\, 0{,}707$ fiindcă

$$\varphi_2 = \varphi_n + 75° \text{ (fig. 20)}$$

iar: $\varphi_n \cong 60°$.

Cît despre curentul I_c, decalat înaintea lui U_X, el se poate descompune într-o componentă în fază cu U_X și egală cu 0,966 I_c și într-o componentă dewatată egală cu 0,26 I_c, decalată cu $\frac{\pi}{2}$ față de aceeași tensiune, corespunzînd puterii reactive primită din S_2. Curentul de circulație se închide și în acest caz în sensul CE-S_1-S_2-CE.

d) Cazuri particulare în circulația curenților:

In cazurile cînd $\varphi_2 = \frac{\pi}{2}$, puterea activă primită de stația S_2 se anulează. In acest caz, S_2 devine un punct minimal de tensiune, în care intră atît curentul I_c, avînd de astă dată semnul

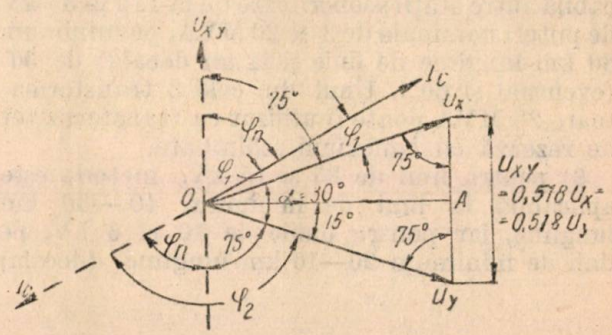


Fig. 20. Diagrama de funcționare în cazul decalajului de 30°

săgeții pline, din fig. 1. Pe de altă parte se poate deduce din diagrama (fig. 16 sau 19) că relația $\varphi_2 = \frac{\pi}{2}$ este îndeplinită cu condiția $\varphi_n = \frac{\alpha}{2}$. Deci situația menționată se produce:

pentru $\alpha = 30°$ la $\varphi_n = 15°$
„ $\alpha = 60°$ la $\varphi_n = 30°$
„ $\alpha = 90°$ la $\varphi_n = 45°$
„ $\alpha = 120°$ la $\varphi_n = 60°$

Primele două cazuri nu intervin în practică, decalajul φ_n putînd fi de minimum circa 45°. In cazul $\alpha = 180°$, φ_n ar trebui să fie de 90°, ceea ce iarăși nu este realizabil. Dacă $\varphi_2 < 90°$ $\left(\text{posibil numai cu } \alpha > \frac{\pi}{2}\right)$ curentul — I_r se

descompune între-o componentă I_Y, în fază cu U_Y şi una I_{dw}, în cvadratură de fază cu U_Y. Curentul I_Y este în acest caz emis din S_2 şi el se scade vectorial din I_c, ca să dea curentul primit în S_2. Dar diferenţa vectorială citată este tocmai I_{dw}, decalat cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea tensiunii U_Y. Totul se reduce deci la cazul $\varphi_2 = \frac{\pi}{2}$.

7. Concluzii asupra limitelor de utilizare în practică a încălzirii liniilor prin curenţi de circulaţie

a) *Utilizarea în timp.* Curenţii de circulaţie putînd ajunge pînă la 2,5 ori curentul normal admis la încălzirea în regim de durată a unui conductor—ei se menţin în linii numai între o oră şi 5 min, după valoarea I_c respectivă, ultima durată corespunzînd la valoarea maximă (2,5 I_n).

Deşi prescripţiile tehnice de exploatare admit o supraîncărcare de 30% a transformatoarelor timp de 2 ore, nu este prudent a se depăşi în timpul încălzirii de 1,5 ori puterea aparentă nominală a transformatoarelor, calculată la I_c maximum si neglijînd căderile de tensiune între U_n şi U_x, respectiv U_y.

b) *Utilizarea din punct de vedere al decalajelor şi puterilor nominale ale transformatoarelor:*

α) pentru linii de 35 kV, metoda este aplicabilă între staţii scoborîtoare de la 110 la 35 kV de puteri nominale de 2 × 20 MVA, pe minimum 30 km lungime de linie şi la un decalaj de 30° (eventual şi 60°). Unul din cele 3 transformatoare 20 MVA poate fi utilizat ca transformator de rezervă cu conexiuni schimbate.

β) pentru linii de 25 şi 15 kV, metoda este aplicabilă la linii de minimum 40—30 km lungime, iar pentru liniile de 10 şi 6 kV, pe linii de minimum 20—10 km lungime (decalaj 30° şi 60° pentru ultimele două tensiuni şi eventual şi pînă la 25 kV).

In toate aceste cazuri, încălzirea se poate face între staţii echipate cu 2 × 5 600 KVA, procedeul transformatorului de rezervă necesitînd în general încă a treia unitate.

Decalajele eventuale, prevăzute în paranteză, sînt aplicabile în cazul sistemelor electrice slab încărcate, în care curenţii de circulaţie ar provoca sporiri apreciabile ale căderilor de tensiune pe liniile de alimentare de înaltă tensiune şi în transformatoare.

γ) Pe joasă tensiune, metoda se poate aplica la decalaje de 120°, pe lungimi de ordinul de minimum 2 km şi între posturi echipate cu unităţi de 420 kVA minimum, procedeul transformatoarelor de rezervă necesitînd prezenţa unei a doua unităţi de 420 KVA.

δ) Metoda nu este utilizabilă la linii de 60 şi 110 kV, întrucît diferenţele de potenţial U_{xy} ar avea în acest caz valori prea mari, determinînd curenţi de circulaţie inadmisibil de mari pe liniile încălzite.

ε) In fine, alimentarea liniilor de încălzire prin transformatoare ridicătoare de tensiune nu este in general aplicabilă, ajungîndu-se la căderi prea mari de tensiune între sursele de energie şi S_1 şi S_2 — şi deci la curenţi de circulaţie prea mici. Situaţia trebuie verificată de la caz la caz, prin calcule de căderi de tensiune.

Bibliografie

[1] *Burgsdorf V. V.*: Construcţia şi exploatarea liniilor electrice aeriene în zone bîntuite intens de chiciură, Energoizdat, Moscova-Leningrad, 1947.

[2] *Oehlwein O. L.*: Punctul de vedere al dispecerului de sistem energetic, în ceea ce priveşte topirea chiciurii de pe conductoarele liniilor electrice aeriene în funcţiune, Transactions of the AIEE, partea III a, 1953.

[3] *Drăgan Gleb*: Metode de îndepărtare pe cale electrică a depunerilor de chiciură de pe conductoarele liniilor electrice aeriene, Revista MEEIE, nr. 12/1953, Edit. Energetica de Stat.

★

НАГРЕВ ЦИРКУЛЯЦИОННЫМИ ТОКАМИ ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГОЛОЛЕДА

Резюме

В статье рассматриваются условия при которых можно предотвратить образование гололеда на проводах линий электропередачи, нагревом последних циркуляционными токами возникающими между точками питания с двух сторон линии, без отключения потребителей. Циркуляционные токи возникают благодаря пересоединению отводов трансформаторов в одном из этих пунктов, устанавливая переменный сдвиг между фазными напряжаниями подстанционных трансформаторов и ограничивая на концах нагреваемые линии.

Пересоединение отводов требует в принципе использования однофазных трансформаторов; но так как последние не являются обычной конструкцией, могут применятся трасформаторы с специальными соединениями, нормально используемые в качестве резервных, а в момент нагрева присоединяемые к резервным шинам.

Asupra articolului: „Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice"[*)]

Ing. M. VASILESCU şi *Ing. GH. LUCA*

In nr. 8/1955 al acestei reviste a apărut un articol care tratează problema galeriilor forţate blindate, atît din punct de vedere teoretic, cît şi în ce priveşte modul de execuţie.

Articolul are meritul că aduce în discuţie problema galeriilor forţate blindate, problemă de mare actualitate pentru proiectanţii amenajărilor hidroelectrice din ţara noastră deoarece, după cum se ştie, în al doilea plan cincinal se va pune accentul pe construirea unor hidrocentrale importante, mai toate uzine cu aducţiune sub presiune şi conductă sau galerie forţată.

Pe baza unui vast material documentar (bibliografia citată la sfîrşitul articolului respectiv) autorii prezintă comparativ două formule pentru calculul static al galeriilor forţate blindate dînd totodată şi deducerea uneia dintre ele şi analizează problemele care apar la execuţie. Acest lucru este fără îndoială meritoriu şi constituie, în ansamblu, un material util proiectanţilor noştrii însă, după părerea noastră, în felul cum sînt tratate unele probleme, atît de calcul cît şi de execuţie, s-au strecurat unele neclarităţi care pot să ducă la interpretări eronate şi chiar la soluţii necorespunzătoare. De aceea considerăm indicat să semnalăm punctele care ni se par neclare şi în măsura posibilităţilor să încercăm să le lămurim.

Astfel autorii recomandă pentru calculul grosimii blindajului formula :

$$s = \frac{a}{\sigma_{ad}} \cdot \frac{p\left(n a_2 kL \frac{a_2}{a} + E_t\right) - a_2 k\sigma_{ad}}{n a_2 k L \frac{a_2}{a} + E_t} \qquad (1)$$

unde :

- a este raza interioară a galeriei (cm)
- a_2 — raza escavaţiei = raza extradosului cămăşuielii de beton (cm);
- p — presiunea interioară de calcul (kg/cm²)
- σ_{ad} — rezistenţa admisibilă a tolei (kg/cm²);
- n — raportul între modulul de elasticitate al tolei şi cel al betonului cămăşuielii;
- E_t — modulul de elasticitate al tolei (kg/cm²);
- k — coeficientul de rezistenţă elastică a rocei corespunzător diametrului escavaţiei (kg/cm³);

şi comparînd formula (1) cu formula lui Fedorov (2) din „Normele şi condiţiile tehnice ale Glavghidroenergostroi TU 24—102—40" din 1941

$$s = \frac{a}{\sigma_{ad}} \cdot \frac{pE_t - a_2 k\sigma_{ad}}{E_t} \qquad (2)$$

ajung la concluzia că pentru roci foarte rezistente ($k > 1000$ kg/cm³) rezultatele aplicării celor două formule sînt identice iar pentru roci mai slabe formula (1) conduce la grosimi de tolă în medie mai mici cu 12%. Totodată se explică acest lucru afirmîndu-se că fomula (2) este dedusă presupunînd tola în contact direct cu roca (ca verificare (2) ar rezulta din (1) înlocuind $a_2 = a$) ceea ce face ca în cazul unei roci mai slabe luarea în considerare a betonului să ducă la o micşorare a deformaţiilor, deci implicit la o încărcare mai redusă a tolei.

Punînd pe (1) şi (2) sub forma (1') şi (2') :

$$s = \frac{a}{\sigma_{ad}}\left(p - \frac{a_2 k \sigma_{ad}}{n a_2 k L \frac{a_2}{a} + E_t}\right) \qquad (1')$$

$$s = \frac{a}{\sigma_{ad}}\left(p - \frac{a_2 k \sigma_{ad}}{E_t}\right) \qquad (2')$$

se observă, de la prima vedere, că (2) nu rezultă din (1) înlocuind $a_2 = a$ şi totodată că valorile s date de formula (1) sînt mai mari decît cele ce rezultă cu formula (2).

Această neconcordanţă provine din faptul că, în realitate formula Fedorov este dedusă neglijînd deformaţia betonului fără a înlocui stratul de beton cu rocă, cu alte cuvinte, în calcul nu se presupune tola în contact direct cu roca ci prin intermediul unui strat de beton fisurat însă cu $E_b = \infty$. Din această cauză, oricare ar fi valoarea lui k, calculînd cu formula (1) rezultă grosimi de tolă mai mari.

La sfîrşitul acestui articol dăm o abacă din care rezultă clar cum variază ecartul între cele două formule pentru majoritatea situaţiilor care se pot întîlni în practică.

Tot în articolul citat se afirmă că pentru a se asigura o bună prindere de tolă a straturilor de protecţie, este necesară uscarea prealabilă a tolei, uscare care se realizează atît printr-o sablare energică, cît şi prin suflare de aer cald. In realitate însă, rolul operaţiei de sablare nu este să usuce tole, ci să îndepărteze impurităţile împreună cu un strat superficial de la suprafaţa

[*)] „*Energetica şi Hidrotehnica*", nr. 8/1955, ing. B. Brodfeld şi ing. M. Weissmann: „*Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice*".

tolei, deci să asigure o suprafață curată și ușor rugoasă (desvelește cristalele materialului), suprafață pe care aderă bine stratele de protecție care se aplică ulterior.

La sfîrșitul articolului se ajunge la concluzia că galeriile forțate blindate apar ca o soluție tehnică avantajoasă numai pentru roci foarte rezistente cu $k > 500$ kg/cm³ (la cap. Calcule statice, rocile foarte rezistente erau caracterizate prin $k > 1\,000$ kg/cm³) deoarece numai în aceste roci se pot realiza economii sensibile de oțel față de o conductă forțată aeriană, la roci mai puțin rezistente, grosimile tolei ajungînd apreciabile și conducînd la serioase dificultăți constructive. Trebuie să remarcăm că atît din calculele date în articolul citat (se dă exemplu cazul $k = 200$ kg/cm³ și $p = 40$ kg/cm²) cît și din diagrama pe care o anexăm rezultă destul de clar că pentru presiunile maxime de exploatare pe care le putem întîlni în mod curent în țara noastră, presiunea sub 40 kg/cm² chiar la valori $k = 200 \div 300$ kg/cm³ ținînd seama de conlucrarea cu roca eforturile în tolă se micșorează foarte mult, uneori chiar atît de mult încît grosimea tolei se dimensionează pe alte considerente. De aceea credem că ar fi nimerit ca delimitarea cazurilor cînd o soluție cu galerie forțată blindată este economic și tehnic avantajoasă să se facă pe alte considerente.

Un criteriu pe care îl socotim just ar fi faptul dacă roca prezintă sau nu împingeri atît de mari încît să îngreuieze foarte mult, datorită sprijinirilor care devin necesare, turnarea unei cămășuieli de beton de bună calitate între tolă și rocă. In asemenea cazuri ar fi necesar ca întîi să se execute o cămășuială care să preia eforturile produse de împungerea muntelui și ulterior la adăpostul acestei cămășuieli pe care o putem numi exterioară, să se monteze tola și să se toarne beton între tolă și cămășuiala exterioară. Evident, într-o astfel de situație, soluția cu galerie forțată blindată nu mai prezintă nici un avantaj economic, iar tehnic prezintă o serie întreagă de complicații legate de faptul că roca, de cele mai multe ori în astfel de cazuri nu se mai comportă elastic.

O altă concluzie care nu ni se pare întru totul justă este afirmația că posibilitatea ca pe măsura escavării galeriei să se întîlnească intercalații neregulate de roci mai puțin rezistente poate avea drept consecință, pentru acele porțiuni, imposibilitatea utilizării virolelor uzinate, deoarece din modul de calcul rezultă în mod evident că surplusul de încărcare nu poate fi preluat de beton. In realitate studiile geologice care se fac înainte de uzinarea tolei sînt suficient de detaliate pentru a elimina posibilitatea unei surprize, calculul tolei se face pe baza unei valori k stabilită cu o suficientă marjă de siguranță tocmai pentru a ține seama de caracteristicile variabile ale rocii iar dacă totuși apare o situație excepțională, tola nu devine inutilizabilă căci există suficiente soluții pentru a o face și pe acel tronson să lucreze în orice caz sub limita elastică. Citățm ca exemplu utilizate de la caz la caz: executarea unui inel puternic de beton armat între tolă și rocă; rigidizarea suplimentară a tolei prin frete sudate pe șantier; rigidizări suplimentare longitudinale atît în beton cît și pe tolă etc.

*

Dăm alăturat o abacă pentru calculul grosimii blindajului galeriilor forțate, întocmită pe baza formulelor (1) și (2).

Abaca este astfel întocmită încît scoate în evidență care este grosimea de tolă necesară în ipoteza că nu se contează pe conlucrarea cu roca și dă totodată, transformată în grosime de tolă, contribuția rocii la prelucrarea presiunii interioare.

Astfel de exemplu, la o presiune $p = 40$ kg/cm², $k_0 = 500$ kg/cm³, și $a = 100$ cm (σ_{ad} s-a luat 1 200 kg/cm²) rezultă $s_1 = 33$ mm neținînd seama de conlucrarea cu roca, contribuția rocii este echivalentă unei grosimi de tolă $s_2 = 24$ mm [calculînd cu formula (2)] și rezultă imediat grosimea tolei necesară în ipoteza că se contează pe conlucrarea cu roca $s = s_1 - s_2 = 9$ mm.

Tot pe abacă se poate citi și grosimea de tolă care rezultă neținînd seama de conlucrarea cu roca, însă luînd σ_a tolă egală cu limita elastică a tolei. Cu elementele din exemplul de mai sus, admițînd $\sigma_a = 2\,850$ kg/cm² (aceeași ca în articolul citat) rezultă grosimea minimă de tolă necesară $s = 14$ mm.

Remarcăm că în timp ce prima valoare (s_1) este funcție de σ_{ad} tolă, contribuția rocii transformată în grosime de toță echivalentă este independentă de valoarea admisă pentru σ_{ad} tolă și după cum era de așteptat este funcție numai de caracteristicile elastice ale celor trei straturi care contribuie la prelucrarea presiunii (tola, betonul, roca) și de elemente geometrice.

Caracteristicile elastice ale rocii s-au introdus în formule prin așa numitul coeficient de rezistență elastică specifică k_0 kg/cm³. După cum se știe se admite $k = k_0 \frac{100}{a_2}$; k fiind coeficientul de rezistență elastică corespunzător escavației cu raza a_2 (cm) (Fedorov).

Evident dacă există încercări pe teren făcute într-o galerie cu raza escavației a_n se va intra în abacă cu un k_0 dedus din expresia $k_0 = k_{(n)} \frac{a_n}{100}$

După cum se observă din abacă formula (2) nu este funcție de raportul $\alpha = \frac{a_2}{a}$ lucru care se explică ținînd seama că pe porțiunea corespunzătoare betonului fisurat p variază proporțional cu raportul $\frac{a}{x}$ iar k tot proporțional cu $\frac{a}{x}$ deci deformația radială a rocii u care este egală cu raportul $\frac{p}{k}$ nu este influențată de mărimea

grosimii de beton. Evident în ipoteza unui beton nefisurat, problema ia alt aspect .

Curbele stabilite pe baza formulei (1) variază funcție de α. Curba corespunzătoare lui $\alpha = 1$ — caz teoretic, betonul inexistent și tola în contact cu roca — coincide cu cea stabilită pe baza formulei (2), după cum era de așteptat. Diferențe mari între curbele *1* și curba *2* apar la valori α și k_0 mari. De exemplu admițînd $\alpha = 1{,}5$ și $k_0 = 1000$ kg/cm³ pentru o galerie cu $a = 100$ cm, rezultă aportul rocii echivalent unei grosimi de tolă de 49 mm calculînd cu formula (2) și numai 41 mm după formula (1) deci o diferență de circa 20%.

Pentru presiunile maxime de exploatare pe care le-am putea întîlni la noi în țară (nu depășesc în general 40 kg/cm²) problema trebuie privită sub alt aspect. Socotind de exemplu cazul teoretic corespunzător unui pD mare pentru condițiile noastre, cazul $p = 40$ kg/cm², $D = 300$ cm rezultă fără contribuția rocii $s = 50$ mm. Pe de altă parte din condiția ca tola să poată prelua tot efortul fără să depășească limita elastică, rezultă o grosime minimă de tolă de 21 mm. Cu ajutorul abacei determinăm k_0 limită corespunzător rocii echivalente cu o grosime de tolă de 50—21 = 29 mm, în cazul nostru $k_0 = 400$ kg/cm³.

Rocile cu $k_0 > 400$ kg/cm³ descarcă deci atît de mult tola încît dimensionarea ei se face pe baza formulei cazanelor luînd rezistența admisibilă corespunzătoare limitei elastice.

Admițînd $\alpha = 1{,}5$ (valoare mare pentru cazul considerat) se observă că diferența între formulele (1) și (2) scade la circa 5%. Remarcăm că o variație de numai 10% a valorii lui k_0 coeficient care se știe între ce limite largi variază în realitate, și cît de greu este de apreciat — duce la diferențe de grosimi mai mari (circa 10%).

Pentru valori pD ceva mai mici, dar totuși mari pentru condițiile noastre, de exemplu $p = 30$ kg/cm², $D = 250$ cm, valoarea lui k_0 limită scade în jurul a 200 kg/cm³, zonă care începe să corespundă unei roci ($k_0 < 200$ kg/cm³) în care nu se mai poate conta pe proporționalitatea între eforturi și deformații, deci roci în care problema evaluării eforturilor care apar în tolă ia un aspect mai complex, teoria pe

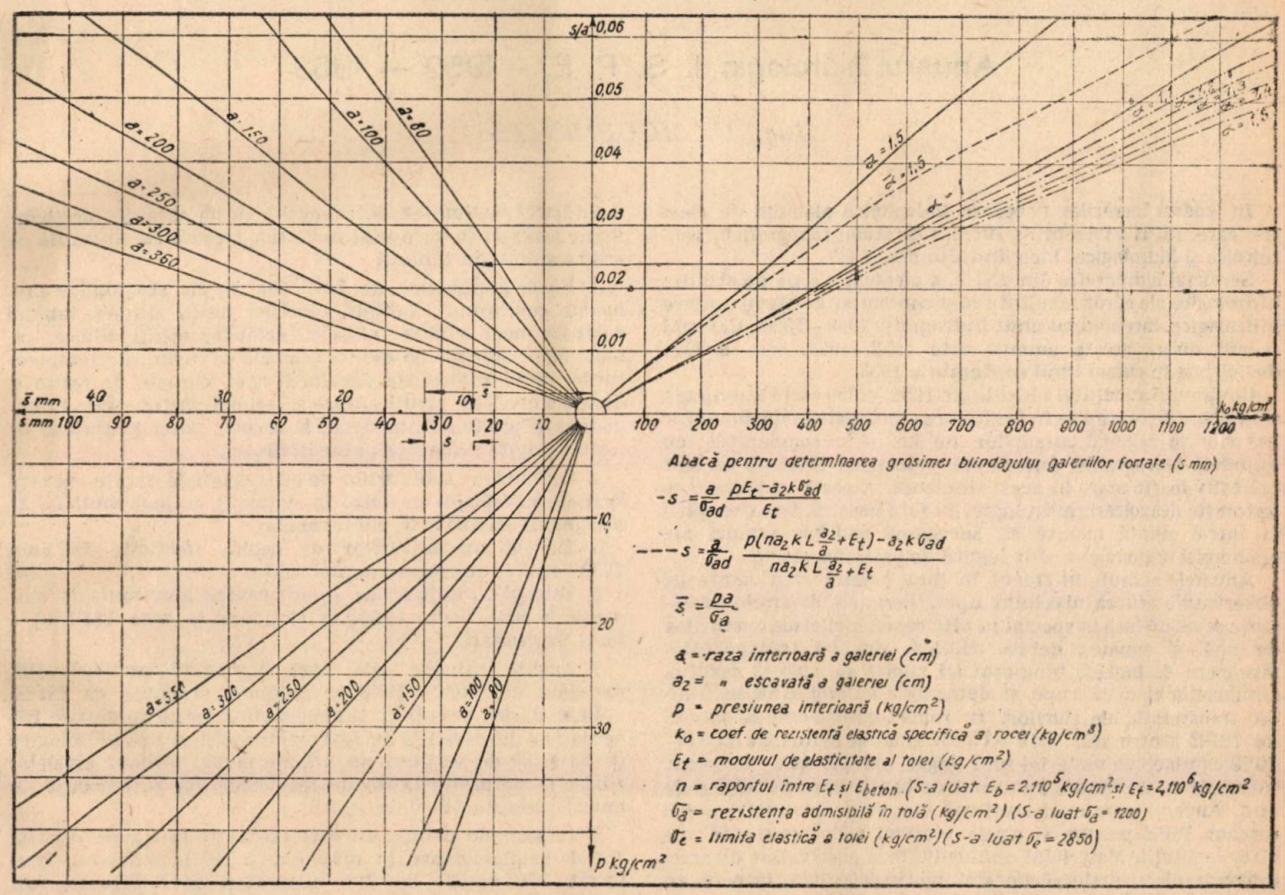


Fig. 1

baza căreia au fost stabilite formulele (1) și (2), pierzîndu-și valabilitatea.

Ținînd seama de cele arătate mai sus, rezultă deci că pentru situațiile care pot fi întîlnite în practică la noi în țară, formula (2) dă rezultate suficient de exacte, formula (1) rămînînd să fie aplicată cu folos numai la presiuni de exploatare foarte mari.

Tot din abaca anexată iese în evidenţă faptul că nu se pot obţine economii înlocuind o conductă forţată cu o galerie blindată forţată decît în cazul presiunilor de exploatare mari, deoarece numai în astfel de cazuri cantitatea de tolă utilizată se reduce suficient de mult pentru ca să poată compensa celelalte investiţii suplimentare pe care le necesită o galerie forţată.

Pe diagrama alăturată s-au reprezentat pe baza formulelor (1) şi (2) cu titlu informativ şi curbele corespunzătoare valorilor $\bar{\alpha} = 1$ şi $\bar{\alpha} = 1{,}5$ trasate în ipoteza că s-ar neglija variaţia lui k funcţie de grosimea cămăşuielilor. Cu alte cuvinte s-a înlocuit $k = \frac{100\,k_0}{a}$ şi nu $k = \frac{100\,k_0}{a_2}$.

Am trasat şi aceste curbe deoarece ne-a făcut impresia că autorii articolului citat au comparat rezultatele date de formulele (1) şi (2) pe baza curbelor $\bar{\alpha} = 1{,}5$ şi $\bar{\alpha} = 1$, lucru care evident nu este just.

Ţinem să subliniem însă că în realitate, chiar în cazul rocilor omogene şi cu ridicate calităţi elastice, calculele pentru stabilirea grosimii blindajului galeriilor forţate nu se rezumă la cele expuse în articolul citat şi în prezenta notă, ci de cele mai multe ori problema se complică din cauza apariţiei unei serii de alţi factori : deformaţii şi eforturi produse de variaţiile de temperatură, dificultatea evaluării rezistenţei admisibile a rosturilor sudate, eforturile produse de presiunea apei exterioare, rugină uzură ,etc.

Asupra influenţei unora din aceşti factori vom reveni într-un articol viitor.

Anuarul hidrologic I. S. P. E. — 1952 — 1953

Ing. C. MOCIORNIŢĂ

In cadrul lucrărilor necesare îndeplinirii planului de electrificare, ISPE a întreprins lucrări de studii topografice, geotehnice şi hidrologice, începînd din anul 1949.

Serviciul hidrografic din ISPE a efectuat o serie de studii; hidrologice ale căror rezultate le-a concentrat în cîteva anuare hidrologice, începînd cu anul hidrografic 1949—1950. Cel mai recent dintre aceste anuare este 1952—1953, care a fost definitivat în cursul lunii septembrie 1953.

Conţinutul anuarului hidrologic 1952—1953 arată o radicală schimbare de concepţie în înfăţişarea materialului documentar privitor la regimul cursurilor de apă — în comparaţie cu anuarele hidrografice anterioare — marcînd totodată un salt calitativ foarte mare în acest domeniu. Această schimbare se datoreşte desvoltării hidrologiei în ţara noastră, transformării ei într-o ştiinţă menită să servească multiple ramuri ale economiei naţionale ce sînt legate de problema apelor.

Anuarele apărute în trecut în ţara noastră erau axate pe observaţiile asupra nivelului apei. Cerinţele diverselor folosinţe se referă însă în special la alte caracteristici ale cursurilor de apă, şi anume : debite zilnice, aluviuni transportate, fenomene de îngheţ, temperaturi zilnice ale apei şi aerului, compoziţia chimică a apei şi elementele hidraulice ale secţiunilor transversale ale rîurilor. In raport cu anuarele întocmite de ISPE pentru anii 1949—1952, anuarul hidrologic 1952—1953 cuprinde un material mai bogat apropiindu-se de forma integrală de prezentare a datelor de bază asupra cursurilor de apă. Anuarul menţionat studiază staţiunile hidrometrice din reţeaua ISPE precum şi unele staţiuni mai importante ale altor instituţii. Materialul anuarului redă observaţiile directe, măsurătorile şi prelucrările sistematice efectuate într-un an hidrologic (octombrie 1952 — septembrie 1953).

Conţinutul noului anuar este inspirat în general după noile anuare hidrologice publicate în R. P. Ungară pentru ultimii ani.

Lucrarea are un format mare şi după o scurtă prefaţă tratează în circa 200 de pagini următoarele capitole :

1. Tabloul staţiunilor hidrometrice care cuprinde caracteristicile generale ale celor 198 staţiuni asupra cărora se publica date în anuar (numărul de ordine, rîul, staţiunea, suprafaţa bazinului de recepţie, altitudinea convenţională şi amplasamentul staţiunilor, natura şi caracterul albiei, data instalării, schimbări şi deplasări ale mirelor, instalaţii şi observaţii speciale precum şi folosinţele locale ce influenţează regimul de scurgere.

2. Harta staţiunilor hidrometrice cu un caracter de informaţie generală în care staţiunile sînt trecute cu numerile de ordine arătate în tablou.

3. Fişele hidrologice de bază (fig. 1) ale staţiunilor prelucrate cuprinzînd : tabloul nivelelor medii zilnice, tabloul debitelor medii zilnice, clasorul debitelor medii zilnice, tabloul măsurătorilor de debite, curbele de regim ale temperaturilor medii zilnice ale aerului şi apei, curbele de regim şi durată a nivelelor medii zilnice şi regimul gheţei, cheia limnimetrică şi profilul transversal în dreptul mirei şi curbele de regim şi durată ale debitelor medii zilnice.

4. Continuarea tablourilor de măsurători de debite anexată la fişele hidrologice de bază la staţiunile cu mai mult de 28 măsurători efectuate în cursul anului.

5. Tabloul măsurătorilor de debite efectuate în anul 1952—1953 la staţiunile neprelucrate.

6. Tabloul turbidităţilor (g/m^3) pentru aluviunile în suspensie în anii 1949—1953, la staţiunile la care ISPE-ul a făcut măsurători.

7. Analize chimice ale apei, cuprinzînd analizele chimice din anii 1949—1953 la staţiunile urmărite de ISPE.

In total, sînt trecute în tabloul staţiunilor hidrometrice 198 de staţiuni din care 160 au fost prelucrate şi au fişă hidrologică de bază, 33 de staţiuni au arătate numai tabloul nivelelor zilnice şi măsurătorile de debite lichide, iar restul de 5 au numai măsurători de debit solid.

Măsurători de debite au fost executate la 97 de rîuri în 159 de amplasamente în număr de 2 740 la staţiunile prelucrate. Un număr de 328 măsurători de debite au fost executate la staţiunile neprelucrate ; deci un total de 3 068 măsurători de debite lichide executat în anul 1952—1953.

Datele asupra analizelor chimice ale apei sînt arătate acolo unde există pentru perioada 1950—1953 ; la capitolul respectiv sînt arătate rezultatele analizelor chimice ale apei pentru 27 staţiuni amplasate pe 18 rîuri din ţară.

In fişele hidrologice de bază este arătat şi regimul de iarnă al rîurilor. El este concretizat prin desene deasupra curbelor de regim şi de durată. Sînt indicate grosimea gheţei deasupra şi sub nivelul apei, ghiaţa prinsă de mal, poduri de ghiaţă, zăpori şi curgeri de sloiuri.

In concluzie, se poate spune că acest anuar complet şi bine prezentat, va fi folosit cu mult succes de proiectanţii hidrotehnici în cercetările şi studiile lor.

1. TABELA NIVELELOR ZILNICE — cm

Ziua	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	7	29	75	49	106	100	137	82	102	77	25	35
2	6	28	81	49	80	89	140	87	104	72	26	31
3	6	30	81	50	81	81	143	120	100	67	24	28
4	6	33	110	53	77	76	146	119	98	61	24	27
5	17	34	103	65	68	71	149	121	96	63	27	24
6	20	34	116	79	57	67	150	128	91	58	30	22
7	25	34	105	75	55	65	148	126	87	60	30	22
8	25	32	94	76	50	64	143	122	84	56	30	22
9	32	32	82	74	44	62	135	140	81	53	27	21
10	34	30	73	77	40	60	126	153	78	52	25	20
11	47	30	64	73	37	58	123	165	73	51	24	20
12	58	29	62	71	40	56	126	137	73	48	22	20
13	71	29	60	64	43	55	122	133	74	48	20	20
14	74	28	54	58	53	55	116	133	78	48	20	18
15	70	28	55	54	57	50	113	130	74	48	18	18
16	66	26	76	49	61	50	109	127	90	48	18	18
17	60	26	81	43	86	52	101	119	88	48	16	17
18	56	26	78	15	94	50	96	112	90	48	15	16
19	52	26	77	22	86	50	96	104	77	46	15	16
20	50	26	73	28	76	50	98	100	78	46	15	16
21	48	28	68	25	80	54	96	101	76	42	14	15
22	44	30	65	29	133	58	94	120	77	40	13	15
23	40	35	64	36	178	62	87	120	77	39	13	15
24	38	45	62	32	173	65	82	123	76	38	85	15
25	36	52	60	26	163	70	77	121	75	35	82	14
26	35	48	58	33	143	80	75	117	78	33	50	14
27	34	59	56	32	125	100	76	112	80	30	47	13
28	32	66	54	30	114	120	76	122	85	28	42	12
29	31	70	54	34	—	125	76	102	86	28	40	11
30	30	71	52	127	—	130	78	97	86	26	40	10
31	30	—	50	113	—	132	—	96	—	25	38	—
M	38	36	72	53	85	73	111	119	84	47	29	19

Hmax.= 178 | H med. = 64 | Hmin. = 6

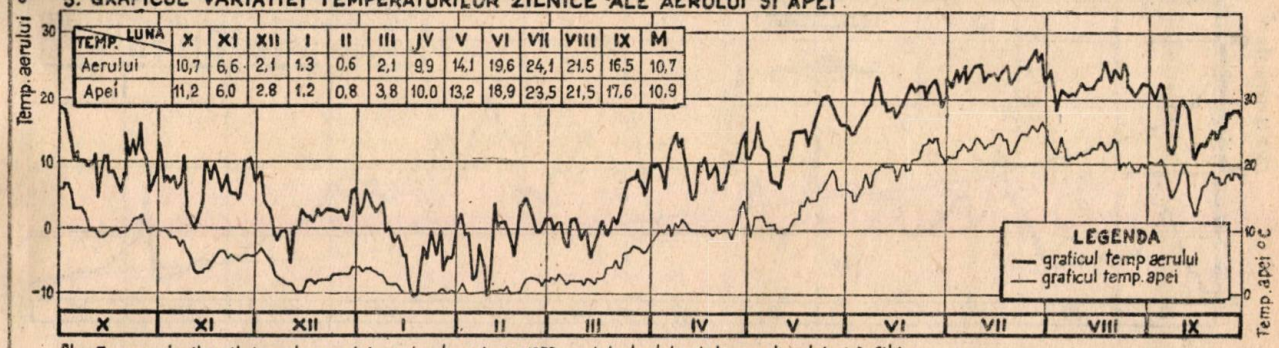
2. TABELA DEBITELOR ZILNICE — m³/s

Ziua	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	14,7	33,9	95,0	57,9	148	136	209	106	140	98,1	29,7	40,3
2	14,0	32,9	104	57,9	103	117	215	114	144	90,5	30,7	36,1
3	14,0	35,0	104	59,2	104	104	221	175	136	83,0	28,7	32,9
4	14,0	38,2	155	63,3	98,1	96,6	227	173	133	74,4	28,7	31,8
5	22,5	39,2	142	80,0	84,5	89,0	233	177	129	77,2	31,8	28,7
6	25,0	39,2	168	101	68,9	83,0	235	191	121	70,2	35,0	26,9
7	29,7	39,2	146	95,0	66,1	81,5	231	187	114	73,0	35,0	26,9
8	29,7	37,1	125	96,6	59,2	78,6	221	179	109	67,5	35,0	26,9
9	37,1	37,1	106	93,5	51,4	75,8	205	215	104	63,3	31,8	25,9
10	39,2	35,0	92,0	98,1	46,4	73,0	187	241	99,7	62,0	29,7	25,0
11	55,3	35,0	78,6	92,0	42,7	70,2	181	265	92,0	60,6	28,7	25,0
12	70,2	33,9	75,8	89,0	46,4	67,5	187	209	92,0	56,6	26,9	25,0
13	89,0	33,9	73,0	78,6	50,1	66,1	179	201	93,5	56,6	25,0	25,0
14	93,5	32,9	64,7	70,2	63,3	66,1	168	201	99,7	56,6	25,0	23,3
15	87,5	32,9	66,1	64,7	68,9	59,2	161	195	93,5	56,6	23,3	23,3
16	81,5	30,7	96,6	57,9	74,4	59,2	154	189	119	56,6	23,3	23,3
17	73,0	30,7	104	50,1	112	62,0	138	173	116	56,6	21,6	22,5
18	67,5	30,7	99,7	20,8	125	59,2	129	160	119	56,6	20,8	21,6
19	62,0	30,7	98,1	26,9	112	59,2	129	144	98,1	53,9	20,8	21,6
20	59,2	30,7	92,0	32,9	96,6	59,2	132	136	99,7	53,9	20,8	21,6
21	56,6	32,9	84,5	29,7	103	64,7	129	138	96,6	48,9	20,0	20,8
22	51,4	35,0	80,0	33,9	201	70,2	125	175	98,1	46,4	19,3	20,0
23	46,4	41,1	78,6	41,5	291	75,8	114	175	96,1	45,2	19,3	20,8
24	44,0	52,7	75,8	37,1	281	80,0	106	181	96,6	44,0	111	20,8
25	41,5	62,0	73,0	30,7	261	87,5	98,1	177	95,0	40,3	106	20,0
26	40,3	56,6	70,2	38,2	221	103	95,0	170	99,7	38,2	59,2	20,0
27	39,2	72,3	67,5	37,1	185	136	96,6	160	103	35,0	55,2	19,3
28	37,1	81,5	64,7	35,0	164	175	96,6	179	111	32,9	48,9	18,5
29	36,1	87,5	64,7	39,2	—	185	96,6	140	112	32,9	46,4	17,8
30	35,0	89,0	62,0	189	—	195	99,7	131	112	30,7	46,4	17,0
31	35,0	—	59,2	162	—	199	—	129	—	29,7	44,0	—
M	67,6	43,4	92,3	66,4	119	94,7	160	174	109	56,5	36,4	24,4

Qmax.= 291 | Q med. = 86,9 | Q min. = 14,0

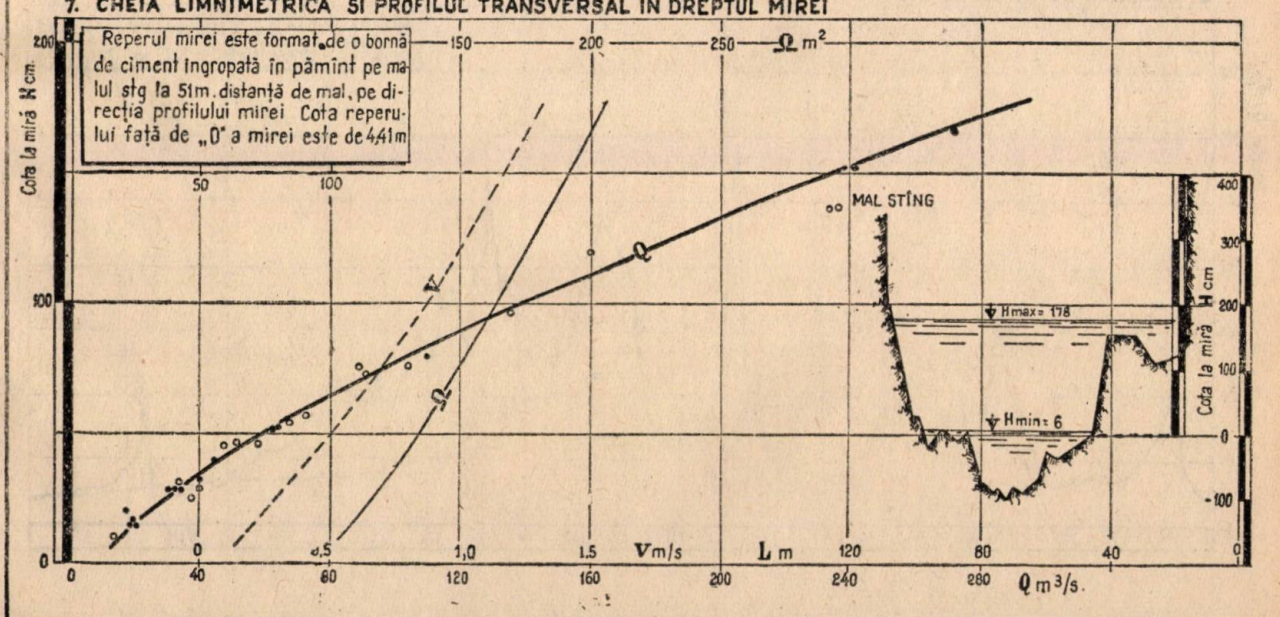
5. GRAFICUL VARIATIEI TEMPERATURILOR ZILNICE ALE AERULUI SI APEI

TEMP. \ LUNA	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	M
Aerului	10,7	6,6	2,1	1,3	0,6	2,1	9,9	14,1	19,6	24,1	21,5	16,5	10,7
Apei	11,2	6,0	2,8	1,2	0,8	3,8	10,0	13,2	18,9	23,5	21,5	17,6	10,9



Obs. Temperaturile zilnice ale aerului pentru luna Iunie 1953 sunt luate dela stațiunea climatologică Sibiu

7. CHEIA LIMNIMETRICĂ SI PROFILUL TRANSVERSAL IN DREPTUL MIREI



3. CLASORUL DEBITELOR ZILNICE. m³/s.

Intervalul	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	F	D
14 – 20	4										2	4	10	365
21 – 30	4			3						1	15	22	45	355
31 – 40	7	22		8						5	6	3	51	310
41 – 50	4	1		1	3					5	4	1	19	259
51 – 60	4	2	1	5	3	5				9	2		31	240
61 – 70	2	1	7	2	4	5			2	4			25	209
71 – 80	2	1	7	2	1	6				4			23	184
81 – 90	3	3	2	2	1	5				1			17	161
91 – 100	1		5	5	2	1	6		14	2			36	144
100 – 110			4	1	3	2	1	1	4		1		17	108
111 – 120					2	1	1	1	7		1		13	91
121 – 130			1		1		4	1	1				8	78
131 – 140						2	2	3	2				9	70
141 – 150			2		1			2	2				7	61
151 – 160			1				1	2					4	54
161 – 170			1	1	1		2	1					6	50
171 – 180						1	1	9					11	44
181 – 190				1	1	1	3	3					9	33
191 – 200						2		2					4	24
201 – 210					1		2	3					6	20
211 – 220							1	1					2	14
221 – 230					1		3						4	12
231 – 240							3						3	8
241 – 250								1					1	5
251 – 270					1			1					2	4
271 – 291					2								2	2

MEEIE ISPE

1952 – 1953

Fișa hidrologică de bază

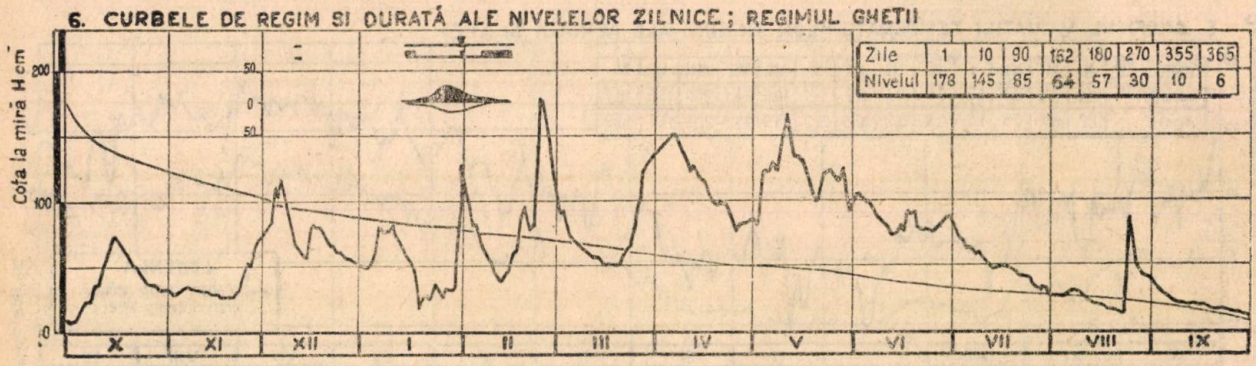
Riul **OLT** Stațiunea **SEBEȘ-OLT**

	Data	Numele	Semn		Data	Numele	Semn
Întocmit	18.11.1954			Șef colectiv	19.V.1954		
Desenat	18.V.1954			Șef secție	19.V.1954		
Verificat	17.IV.1954			Șef serviciu	20.V.1954		

4. TABELA MĂSURĂTORILOR DE DEBITE.

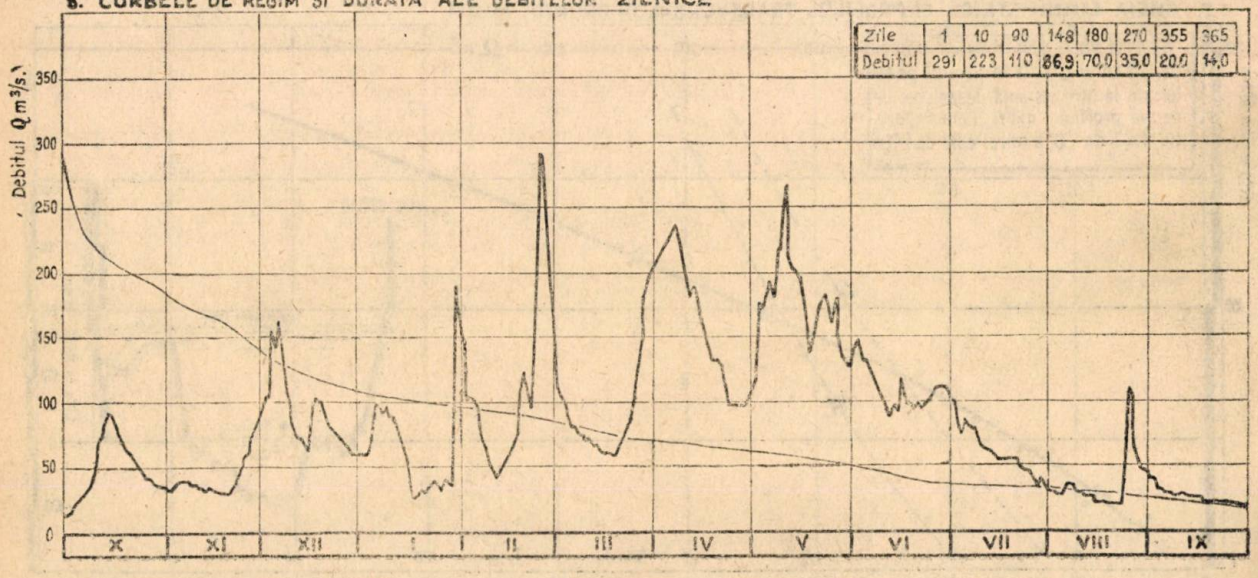
Nr. crt.	Data	H cm	Q m³/s	Qș Kg/s	Obs.	Nr. crt.	Data	H cm	Q m³/s	Qș Kg/s	Obs.
1	21.X	47	58.0			16	24.IX	11	16.7		
2	22.X	46	53.7								
3	3.XI	31	37.6								
4	1.XII.	75	88.5								
5	19.XII.	76	103								
6	21.I.	25	37.6								
7	7.II.	55	65.7								
8	11.III	58	72.3								
9	9.IV.	136	238								
10	9.IV.	135	236								
11	20.IV	97	135								
12	23.V	122	157								
13	26.VI.	74	90.4								
14	28.VII.	27	39.9								
15	27.VIII	45	48.1								

6. CURBELE DE REGIM SI DURATĂ ALE NIVELELOR ZILNICE; REGIMUL GHETII



Zile	1	10	90	152	180	270	355	365
Nivelul	178	145	85	64	57	30	10	6

8. CURBELE DE REGIM SI DURATĂ ALE DEBITELOR ZILNICE



Zile	1	10	90	148	180	270	355	365
Debitul	291	223	110	86,9	70,0	35,0	20,0	14,0

Tm.605/57

Stadiul actual al tratării apei în instalaţiile termoenergetice

Ing. L. STANISAVLIEVICI

Preocupările majore în acest domeniu privesc:

I. Tratarea apei pentru cazanele cu abur cuprinzînd:

1. Tratarea apei de alimentare.
2. Tratarea apei din cazan.

II. Controlul chimic al regimului apei;

III. Tratarea apei de răcire.

Se trece în revistă stadiul actual al acestor probleme, sub diferitele aspecte, cu stăruirea mai ales asupra cazanelor de abur de presiune înaltă, şi foarte înaltă, specifice sectorului energetic.

I. 1. Se accentuează tot mai mult tendinţa de a elimina din apa de alimentaţie toate impurităţile pe care ea le conţine, prin procese tehnologice cît mai simple. Prin aceasta sînt uşurate mult măsurile care trebuie luate ulterior în vederea prevenirii neajunsurilor din interiorul cazanului şi a menţinerii purităţii aburului.

Pentru eliminarea tuturor impurităţilor dizolvate în apă — realizabilă prin vaporizare — tinde a fi din ce în ce mai mult folosită metoda demineralizării, executată prin mase ionice de calitate înaltă [1, 2]. Stabilitatea termică şi chimică a acestor mase şi capacitatea lor mare de absorbţie permite realizarea cu uşurinţă a diferitelor scheme de tratare, inclusiv desilicierea, atît pentru apa de adaos, pentru condensat cît şi pentru apa de alimentare.

Asemenea instalaţii pot fi automatizate, ceea ce uşurează mult deservirea lor.

Din punct de vedere economic demineralizarea cu mase ionice este echivalentă cu vaporizarea şi în anumite condiţii de calitate ale apei de tratat, ea poate fi chiar mai avantajoasă.

În acest domeniu sînt tot mai răspîndite instalaţiile de demineralizare folosind în acelaşi filtru, mase ionice mixte, adică un amestec intim de mase cationice de H^+, puternic acide şi mase anionice puternic bazice [1, 2, 3] ceea ce reduce sensibil dimensiunile instalaţiei de tratare a apei realizîndu-se prin o simplă trecere a apei prin aceste mase, demineralizarea ei totală, fie la rece, fie la cald. Bineînţeles, apa brută trebuie să fie limpede complet, spre a nu murdări masa; substanţele nedisceiate (compuşi organici şi oxigenul) nu sînt eliminate. Conţinutul în săruri a unei ape astfel demineralizate este mult mai mic decît al unui distilat bun.

Apa demineralizată prin mase ionice, în ciclul H^+ cationic → OH anionic, are un *p*H de 8,5 şi o conductibilitate electrică specifică de 0,75 μS/cm.

Apa demineralizată prin mase ionice mixte (filtre cu un singur pat) are un *p*H de 6—7 şi o conductibilitate electrică specifică de circa 0,5 μS/cm. Conţinutul ei în săruri dizolvate este de ordinul: rezidiu total < 1 mg/l; SiO_2 < 0,05 mg/l, Na < 0,5 mg/l Fe < 0,2 mg/l, Cl < 0,2 mg/l.

Pentru desilicierea apei se folosesc încă şi procedeele chimice, aplicate fie înainte de epurare propriu zisă, fie odată cu aceasta [2, 4]. Se aplică procedeul cu MgO la cald, fie la 35°—50°C fie la 100°C, sau procedeul cu aluminat de sodiu şi MgCl, la temperatura ambiantă. Se poate folosi şi dolomită arsă la circa 1 000°C, sub formă de lapte, efectul fiind în funcţie de calitatea materialului folosit.

Degazarea apei de alimentare pe cale termică, poate fi dusă, mulţumită perfecţionării dispozitivelor, pînă la valori de 0,005 mg/l oxigen [2].

Se poate semnala preocupări pentru tratarea apei destinată cazanelor industriale, de presiune mică; acestea au la noi o pondere numerică foarte mare faţă de agregatele cu parametrii înalţi şi s-a resimţit în acest sector lipsa unor măsuri de coordonare şi de îndrumare. În aprilie 1955 a fost organizată la ASIT o consfătuire pe ţară cu tema „Ridicarea nivelului tehnic al exploatării cazanelor cu abur" şi hotărîrile luate cu acest prilej au căpătat, sub conducerea D.G.M. un început de realizare, privind între altele, elaborarea unor măsuri unitare pentru regimul din cazanele industriale.

Folosind cercetările iniţiate de ICECHIM, s-a realizat aplicarea ligniţilor de Căpeni ca mase de schimb cationic la o instalaţie de tratarea apei, pe scară industrială [5]. Această realizare prezintă interes practic imediat, deoarece poate contribui la rezolvarea lipsei maselor cationice, care actualmente se procură exclusiv din import.

Tratarea apei de alimentare, în afara cazanului — coagulare şi dedurizare — se poate executa în instalaţii simple [6], uşor de construit şi ieftine, satisfăcînd cerinţele tehnice şi economice, acestea din urmă avînd o importanţă mare în acest sector.

2. Fenomenele complexe care au loc în interiorul cazanului, ca o urmare a acţiunii impurităţilor introduse cu apa de alimentare, nu sînt încă lămurite complet în amănuntele mecanismului lor şi continuă a face obiectul cercetărilor. Fenomenele privesc procesele de depunerea sărurilor, coroziunile datorite gazelor şi alcaliilor şi impurificarea aburului. Pentru caza-

nele cu parametrii înalţi şi mai ales pentru sectorul energetic prezintă o deosebită importanţă impurificarea aburului prin antrenare şi solubilizare, care este şi fenomenul mai puţin clarificat dintre toate.

In ce priveşte cazanele cu presiune pînă la 35 at se recomandă pentru evitarea neajunsurilor provocate de către apă, următoarele măsuri generale [7]:

— evitarea depunerilor în conductă de alimentare prin reducerea durităţii apei şi dozarea de fosfaţi;

— evitarea coroziunilor în conducte şi în economizor prin o bună degazare a apei şi menţinerea valorii *p*H în domeniul alcalin;

— degazarea condensatului, sau dozarea de amine volatile pentru a evita coroziuni ale conductelor;

— adaos de fosfaţi de sodiu în apa din cazan, limitarea şi controlul conţinutului în săruri dizolvate şi în săruri alcaline;

— menţinerea unui raport minim protector în apa cazanului între sulfatul de sodiu şi hidroxidul de sodiu sau între azotatul de sodiu şi hidroxidul de sodiu pentru a combate coroziunile alcaline din cazan.

Pentru cazanele cu presiune peste 35 at se recomandă [7]:

— eliminarea gazelor NH_3 şi CO_2 din condensat spre a evita dizolvarea cuprului şi pătrunderea acestuia în apa cazanului;

— reducerea conţinutului în SiO_2 din apa de alimentare în vederea menţinerii limitei prescrise din apa cazanului;

— degazarea completă a apei de alimentare; pentru presiuni de peste 60 at, nu se recomandă degazarea chimică (cu sulfit de sodiu);

— eliminea din apa de alimentare a carbonaţilor şi a compuşilor de amoniu, care se pot descompune în cazan dînd naştere la NH_3 şi CO_2;

— menţinerea în apa cazanului a unei alcalinităţi de protecţie, prin adaos de fosfat trisodic (la nevoie şi de hidroxid de sodiu); menţinerea unui exces (rezerve) de fosfat în apa cazanului.

In general, adausurile de reactivi în circuitul apei trebuie limitate la valori minime.

Realizarea acestor măsuri şi controlul rezultatelor din exploatare, constituie de asemenea preocupări constante, concluziile concordînd că este recomandabil, pentru cazanele de presiune înaltă, de a elimina totalitatea impurităţilor din apa de alimentare, spre a simplifica măsurile de intervenţie necesară şi în unele cazuri a putea chiar realiza condiţiile de calitate impuse apei din cazan.

Fenomenul coroziunii alcaline în cazan se poate controla practic prin indicatori de coroziune [8] montate în locurile unde ar putea exista condiţii de apariţie a acestui fenomen.

Coroziunile datorite gazelor, în special a oxigenului, rămas după degazare, se pot combate prin adăugire în apa de alimentare sau în apa cazanului, a unor cantităţi mici de hidrazină (N_2H_4) şi de sulfit de sodiu [9]. In apa de alimentare se adaogă 0,02 mg/l hidrazină, iar în apa cazanului se menţine un exces de sulfit de sodiu de 1—2 mg/l.

Măsuri locale şi măsuri coordonate se impun pentru evitarea coroziunilor în instalaţii energetice [10].

Problema impurificării aburului — adică a prezenţei de săruri în abur — are o deosebită importanţă la agregatele termoenergetice (cazane şi turbine) cu parametrii mari şi este una din cele mai cercetate; complexitatea ei nu a permis încă să se ajungă la concluzii certe şi unanim admise.

Kostrikin [11] explicînd fenomenul impurificării aburului la cazanele cu circulaţie naturală, stabileşte, — în raport cu concentraţia sărurilor din apa cazanului, un domeniu practic, în care sărurile antrenate se află în abur sub formă de particule solide fine, în suspensie (fum) şi un domeniu postcritic, în care sărurile se află în abur ca picături fine de apă (ceaţă).

Formarea depunerilor în turbină o explică Werner [4] pe baza punctelor de topire ale sărurilor şi ale amestecurilor de săruri: iar Straub dă importanţă primordială prezenţei hidroxidului de sodiu, care provoacă aderarea celorlalte săruri pe suprafeţele atinse de abur. Din aceste ipoteze derivă apoi şi o serie de măsuri preventive preconizate de susţinătorii respectivi.

Fenomenul de stratificare a apei [4] ce apare în cazanele de presiune foarte înaltă, duce la concentraţii diferite în săruri a apei din cazan; ca urmare, pot apare impurificări ale aburului chiar cînd indicii de calitate pentru apa din cazan sînt respectaţi şi cînd probele de apă, luate în mod normal, confirmă acest lucru. Drept remediu se propune înlocuirea sărurilor de sodiu apa cazanului cu sărurile respective de potasiu.

II. Controlul chimic al regimului apei pentru cazane, atît cel executat curent în exploatare prin aparate indicatoare şi înregistratoare, cît şi cel periodic din laborator, îşi centrează preocupările pe problemele importante trecute în revistă la capitolul I. Se stăruie în perfecţionarea metodelor de determinare pentru ca să corespundă exigenţelor prescripţiilor impuse, mai ales la cazanele de presiune înaltă.

Pentru uşurarea execuţiei şi unificarea metodelor de control din laborator este indicată metoda rapidă şi exactă cu mase H — cationice [12].

Metoda poate fi folosită şi pentru controlul chimic al calităţii aburului [13]; aparatajul necesar este simplu şi accesibil oricărui laborator. [8]. Pentru determinări foarte exacte se recomandă luarea şi păstrarea probelor de apă în vase din polietilen [1], spre a elimina influenţa sticlei.

Pentru operaţiuni de concentrare şi evaporare a probelor de condensat şi de ape conţinînd săruri puţine, se folosesc dispozitive care împiedică

atît pătrunderea impurităţilor din afară în proba cît şi pierderi de soluţie prin scurgeri stropiri, etc. [14].

Pentru determinarea rapidă şi exactă a durităţilor foarte mici se foloseşte actualmente pe scară largă metoda complexometrică [13] cu tetracetatul disodic al etilendiaminei (Trilon B).

Silica se poate determina cu exactitate de 0,005 mg/l SiO_3 prin metoda exactităţii şi a colorimetrării [13].

Pentru titrări exacte ale alcalinităţii probelor de apă se impun anumite condiţii de lucru [15] şi aplicarea unei serii de factori de corecţie, în funcţie de sărurile prezente în soluţie.

Prin metode perfecţionate, se pot determina cantităţi de oxigen rezidual de ordinul 0,002—0,003 mg/l [16].

Interesantă este folosirea izotopilor radioactivi [17] la studiul antrenării sărurilor de către abur. Metoda necesită încă perfecţionări pentru a putea da rezultate concludente.

Controlul în exploatare al purităţii aburului se execută sigur şi continuu prin măsurarea conductibilităţii specifice electrice. Spre a putea obţine însă rezultate care să permită concluzii valabile, este nevoie de o organizare potrivită a luării probelor [18, 19]. În afară de punctele obişnuite pentru colectarea probelor medii, mai este nevoie de a lua probe separate din acele puncte unde se pot manifesta cert eventualele impurificări ale aburului. Se recomandă a controla probele din diferitele trepte de separare şi uscare ale aburului; o probă medie de abur din colector, de exemplu, nu poate da indicaţii precise asupra prezenţei şi a gradului unei impurificări locale ale aburului. Dispozitivele de luarea probelor trebuie să satisfacă anumite condiţii pentru ca mărimea erorilor ce se pot strecura să nu depăşească anumite valori şi să mascheze situaţia reală.

Aparatele indicatoare şi înregistratoare permit determinarea periodică sau continuă, automată a durităţii şi a silicei [2] în apa de alimentare, apa din cazan sau în apa epurată (indicat pentru instalaţii mari în cazul din urmă).

III. Tratarea apei de răcire pentru condensatorii turbinelor ca şi a apei pentru răcirea lagărelor, nu prezintă probleme complexe sau dificile, deoarece condiţiile de calitate impuse sînt mult mai puţin severe decît pentru apa de alimentarea cazanelor. Fiind vorba de regulă de cantităţi mari de apă care trebuie tratate, stăruie şi preocuparea de a reduce cheltuielile de investiţii şi de exploatare; în utimul caz, prin folosirea unor reactivi ieftini, accesibili şi uşor de manipulat. Astfel depunerile de natură biologică, formate în circuitul apei de răcire, se pot combate, folosind pentru clorinare, clorura de var [20].

O importanţă de prim ordin o are problema apei de răcire în centralele electrice cu energie nucleară. Sub influenţa iradiaţiilor, apa suferă o descompunere, care depinde între altele şi de concentraţia impurităţilor (cationilor) prezenţi. Produsele de descompunere ale apei provoacă coroziunea conductelor, iar produsele de coroziune devin puternic radioactive.

Pe de altă parte au loc schimburi de căldură a unor fluxuri mari de căldură. Ambele aceste condiţii impun demineralizarea totală a apei [3].

Produsele de coroziune sub formă de oxizi sau hidroxizi insolubili, sînt eliminate prin filtrare; cationii şi anionii prezenţi sînt eliminaţi prin mase cationice mixte (filtre cu un singur pat). Se folosesc mase H^+ — caticnice, puternic acide, dar de compoziţie normală, deoarece ionii deuteriu nu fac schimb ionic cu ionii hidrogen ai masei; pentru masele anionice se iau în raport cu stabilitatea lor termică măsuri de răcirea apei şi apoi de restituirea în circuit a căldurii sustrase anterior.

Bibliografie

[1] * * * : Aplicarea demineralizării totale în instalaţiile de abur, Technische Rundschau-Sulzer, nr. 2/1955.

[2] *Schumann E.:* Tratarea apei de alimentare, Brennstoff-Wärme-Kraft, Düsseldorf, nr. 4/1954.

[3] *Mc. Lain St.:* Tratarea apei de răcire pentru reactorii nucleari, Maintenance of coolants Chicago, 1955.

[4] *Ulrich K. V.:* Depuneri de săruri în turbine, Energie-Technik, Berlin, 5/1955.

[5] *Stanisavlievici L.:* Folosirea lignitilor de Căpeni la dedurizarea apei, Tehnica Nouă, nr. 18/1955.

[6] *Stanisavlievici L.:* Instalaţie simplă pentru tratarea apei, Tehnica Nouă, nr. 18/1955.

[7] *Drane C. W.:* Problema tratării apei pentru cazane de medie şi înaltă presiune. Archiv für Energiewirtschaft, Berlin nr. 13/1955.

[8] *Deev I. T., Monozova K. M.* şi *Kot A. A.:* Indicatori de coroziune filtre şi vase de laborator pentru controlul apei şi al aburului prin metoda cu mase ionice, Elektriceskie Stanţii, Moscova, 2/1955.

[9] * * * : Adaus de amine în circuitul apei de alimentare, Power Engineering, New-York, nr. 11/1955.

[10] *Müller B.:* Coroziuni şi măsuri împotriva coroziunilor în instalaţiile energetice, Energie Technik, Berlin, nr. 9 şi 10/1955.

[11] *Dobreff I., Effenberger H.* şi *Dauer S.:* Săruri în abur, Energie Technik, Berlin, nr. 3/1955.

[12] *Stanisavlievici L.:* Schemă pentru analiza de control a apei Revista Chimie nr. 5/1954.

[13] *Cernova L. A.* şi *Surîşkin G. K.:* Controlul chimic al calităţii aburului. Metoda Complexometrică în comparaţie cu metoda soluţiei de săpun. Determinarea silicei din extracţie şi colorimetrare, Elektriceskie Stanţii, Moscova, nr. 1/1955.

[14] *Schumann E.:* Dispozitive de evaporare pentru condensat şi ape sărace în săruri, Brennstoff-Wärme-Kraft, Düsseldorf, 5/1954.

[15] *Stanisavlievici L.:* Titrarea alcalinităţii *p* şi *m* în soluţii apoase, Revista Chimie, nr. 7/1955.

[16] *Schumann E.:* Determinarea oxigenului în ape de alimentare, sărace în oxigen, prin metoda cu tolidin. Brennstoff-Warme-Kraft, Düsseldorf, nr. 2/1954.

[17] *Stirikovici M. A., Sterman I. D.* şi *Surnov A. V.:* Studiul antrenării sărurilor de către abur, cu ajutorul isotopilor radioactivi. Teploenerghetika, Moscova, nr. 2/1955.

[18] *Place P. B.:* Determinarea purităţii aburului, Archiv für Energiewirtschaft, Berlin, nr. 1, 2 şi 5/1955.

[19] *Stanisavlievici L.:* Controlul purităţii aburului prin conductibilitatea electrică, Energetica, nr. 1/1956.

[20] *Gavrilov I. G.:* Clorinarea apei de răcire cu clorură de var, Energhetik, Moscova, nr. 5/1955.

Nodul hidrotehnic de la Tiszalök (R. P. Ungară)

Cu un avînt nemaiîntîlnit în istoria poporului ungar, s-a păşit după terminarea războiului la creiarea unor centre industriale şi oraşe noi, atît de-a lungul marelui fluviu Dunărea, care străbate această ţară, cît şi în întreaga stepă Panonică.

O deosebită importanţă în această desvoltare s-a atribuit şi agriculturii precum şi tuturor problemelor strîns legate de ea.

Una din aceste probleme este şi asigurarea apei necesare pentru irigaţii. Printre lucrările cele mai de seamă care se încadrează în planul de Stat al R.P.U. privind desvoltarea agriculturii, se poate număra şi amenajarea integrală a rîului Tisa. Această lucrare prezintă un prim şi foarte important pas în privinţa folosirii integrale a apelor din R.P.U.

Dintre marile construcţii realizate în acest domeniu este de relevat nodul hidrotehnic de la Tiszalök, o construcţie pe rîul Tisa care a fost terminată în primul plan cincinal al R.P.U., intrînd în funcţiune parţial încă în anul 1954.

Această mare lucrare hidrotehnică nu este unică. Din cauza ansamblului care foloseşte

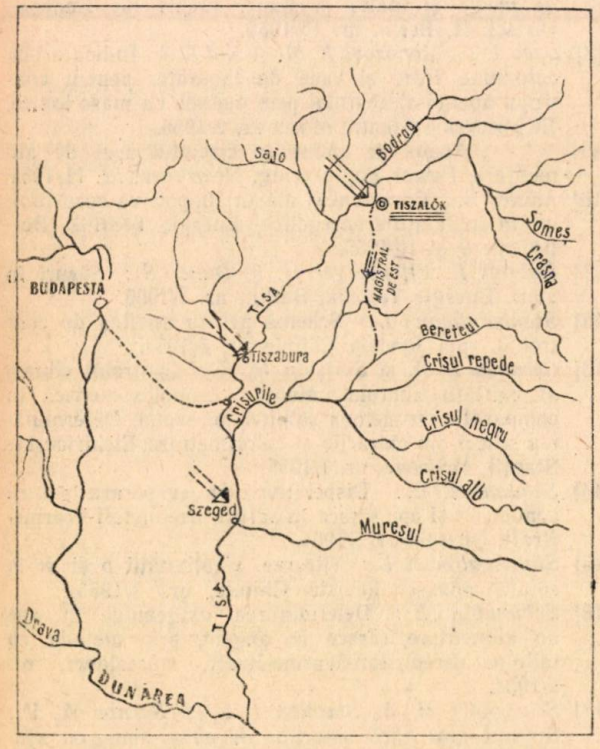


Fig. 1. Rîul Tisa cu nodul hidrotehnic Tiszalök (executat) Tiszabura şi Szeged (proiectate).

integral resursele de apă, îndeplinind astfel diferite scopuri, ea a fost aleasă ca exemplu de realizare dintre cele mai frumoase a constructorilor socialismului din ţara vecină şi prietenă.

Rîul Tisa este — după Dunăre — al doilea mare curs de apă în R.P.U., atît din punct de vedere al importanţei, cît şi ca debit. Debitul asigurat 95% este de 102 m³/s, debitul asigurat 50% este de 330 m³/s (datele se referă la staţiunea Tokay).

Regimul rîului Tisa este însă puţin diferit de cel al Dunării. Panta longitudinală este foarte mică (circa 0,025%) rîul prezentînd astfel un curs şerpuit, cu multe meandre. Din cauza debitului destul de neuniform, nu sînt rare marile inundaţii, iar uneori, în perioadele de secetă, o bună parte a cursului de apă devine împracticabilă pentru navigaţie, chiar pentru vase mai mici. Din aceste motive s-a procedat încă mai de mult la studierea rîului Tisa, pentru a înlătura inconvenientele sus arătate.

In regiunea centrală a ţării şi înspre est, se întinde o suprafaţă de zeci de mii de hectare, care au o precipitaţie anuală de sub 500 mm. De aici rezultă clar un lucru : există regiuni intinse, în dreapta dar mai ales în stînga cursului rîului Tisa, cu o deficienţă pronunţată de apă în perioadele de vegetaţie, perioadă în care debitul rîului este şi el destul de scăzut. Astfel fiind situaţia, atenţia amenajării rîului Tisa s-a plasat pe primul plan, fiind unul din principalele obiective ale planului pentru desvoltarea agriculturii în anii de după cel de al doilea război mondial.

Tisa izvorăşte din Carpaţii păduroşi, unde-şi are şi cursul superior, pe teritoriul Republicei Socialiste Sovietice Ucraniene. Pe porţiunea între vărsarea rîului Vişeu şi al rîului Iza (satul Teceul Mic), Tisa formează graniţa naturală înspre Nord între R.S.S.U. şi R.P.R. Direcţia de curgere este aproximativ Est-Vest. Apoi coteşte spre N-V şi intră pe teritoriul R. P. Ungară Punctul cel mai nordic se găseşte la Csap. Cursul mijlociu străbate stepa panonică în direcţia N-S şi se varsă circa 40 km aval de Novasad în Dunăre, respectiv circa 350 km aval de vărsarea Dravei în Dunăre.

Ideia unor construcţii hidrotehnice de-a lungul rîului Tisa nu este recentă. Incă înainte de cel de al doilea război mondial a început studiul unui baraj pe acest rîu, în scopul producerii energiei electrice.

Abia după eliberarea Ungariei s-a pornit la un studiu amplu, întocmindu-se planurile de amenajare generală a rîului Tisa, folosind vasta experienţă sovietică, luînd în consideraţie cerinţele multiple pe care trebuie să le satisfacă apele rîului, şi anume : producerea energiei electrice, irigaţii, înlăturarea pericolului de inundaţii, îmbunătăţirea condiţiilor de navigabilitate etc.

Incă din primele studii a reeşit faptul că o canalizare a rîului Tisa în numai 2 trepte, nu va putea fi satisfăcătoare ţinînd seama de adîncimile prea mici pentru navigaţie, care pot fi obţinute, iar o canalizare cu mai mult de 4 trepte înseamnă o amenajare neeconomică. După studii ample ale variantelor diferitelor trepte de cădere pe cursul rîului Tisa s-a procedat la alegerea amplasamentului primului nod hidrotehnic, care a fost dictat mai ales de necesităţile de irigare, stabilindu-l la circa 20—30 km în aval de confluenţa cu rîul Bodrog, afluent din partea dreaptă (vezi fig. 1).

In toate variantele de amenajare, prima treaptă, cea din amonte, îşi păstra neschimbate caracteristicile, date fiind condiţiile speciale hidrologice.

Condiţiile care au determinat amplasamentul definitiv al primului nod hidrotehnic care urma să se execute în urgenţa I-a au fost următoarele :

1. Priza pentru canalul principal de irigare trebuie să fie în aval de vărsarea rîului Bodrog în Tisa, deoarece debitul acestuia reprezintă circa 25—35% din debitul total al rîului Tisa împreună cu rîul Bodrog.

2. Barajul trebuie astfel amplasat, încît nivelul apei reţinute să asigure distribuţia prin gravitate a apei pentru irigaţie.

3. Condiţii hidrotehnice. Construcţia trebuie construită la adăpost de apele extraordinare şi de zăpori.

Nodul al doilea s-a găsit a fi cel mai indicat în regiunea Tiszabura, iar al treilea la Szeged.

Ţinînd seama de considerentele de mai sus s-a trecut la proiectarea şi realizarea construcţiilor hidrotehnice care fac parte din primul Cincinal al R. P. Ungare respectiv din planul pe 10 ani al dezvoltării agriculturii şi anume : Nodul hidrotehnic de la Tiszalök, Tiszabura şi Szeged. La terminarea acestor construcţii vor sta la dispoziţie lunar în cel mai defavorabil caz de precipitaţii circa 125 milioane m³ înmagazinaţi în lacurile de acumulare ale acestor uvraje hidrotehnice. Acest volum se repartizează astfel : la Tiszalök circa 15 milioane m³, la Tiszabura circa 40 milioane m³ şi la Szeged 70 milioane m³. Acestui volum de apă, repartizat pe suprafaţa de irigat, îi corespund circa 22 mm de precipitaţie lunar.

Canalele de irigaţie pentru regiunile situate de-a lungul rîului Tisa se derivează direct din Tisa, iar pentru regiunile îndepărtate din stînga cursului, alimentarea cu apă se va face din canalul magistral care va fi şi navigabil şi care va lega Tisa cu Bereteul.

In cele ce urmează se va descrie nodul hidrotehnic Tiszalök aşa cum a fost conceput şi executat.

Iniţial s-a considerat că nodul hidrotehnic trebuie construit în actuala albie a rîului. Aceasta însă ar fi dat naştere la o serie de complicaţii constructive, cum ar fi micşorarea secţiunii la ape mari şi la zăpori, batardouri puternice etc. Construcţia în interiorul batardoului ar fi fost dificilă, fundarea construcţiilor precum şi a avantradierului şi postradierului trebuia executată cu chesoane. In afară de preţul de cost mai mare, şi timpul de execuţie ar fi fost mărit cu circa 2 ani faţă de varianta a II-a care a rămas definitivă şi anume : executarea

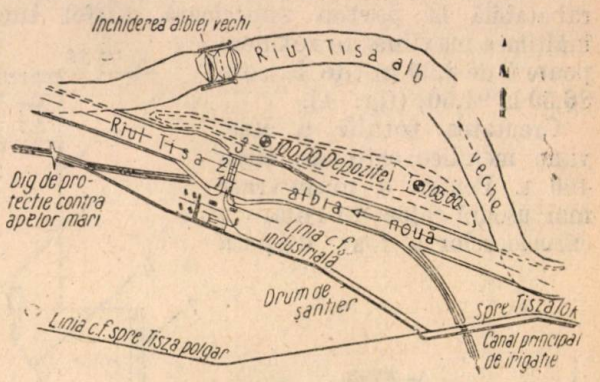


Fig. 2. plan general de situaţie :
1 — uzină hidroelectrică ; 2 — baraj mobil ; 3 — ecluză.

nodului hidrotehnic într-o nouă albie a rîului Tisa creiată prin mijloace hidromecanizate (fig. 2), execuţia fundaţiilor putînd fi făcută la uscat, prin coborîrea nivelului apelor subterane.

Această variantă mai are următoarele două avantagii.

Nodul hidrotehnic este amplasat într-o regiune cu o albie viitoare rectificată a cursului şi în acelaşi timp accesul la centrală se face uşor şi în perioadele de ape extraordinare, nivelul terenului imediat din stînga actualului amplasament, fiind mai ridicat.

Nivelul normal de retenţie s-a stabilit la 94,50 m. d. M. iar nivelul normal aval, este de 87,00 m. d. M. Nivelul amonte al apelor catastrofale este de 97,70 m. d. M.

Condiţiile geotehnice se prezintă astfel : pămîntul de fundaţie este constituit din nisipuri fine şi parţial din nisipuri mai grosiere pînă la adîncimi relativ mari. Numai în anumite locuri există inclusiuni mici de argilă sau mîl. Pompările de probă au durat 3 luni, pe baza lor

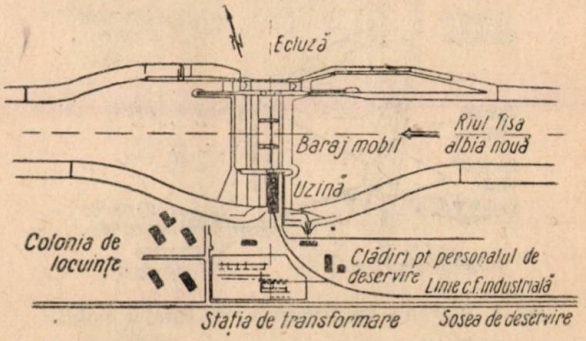


Fig. 3. Nodul hidrotehnic de la Tiszalök.

stabilindu-se datele necesare pentru proiectarea instalaţiilor de coborîrea artificială a nivelului apelor subterane. A rezultat un coeficient de permeabilitate variind între $6 \div 10 \times 10^{-5}$ m/s.

Complexul hidrotehnic de la Tiszalök are trei părți principale (fig. 3). Un baraj mobil, o ecluză pentru navigație și o centrală hidroelectrică.

Barajul mobil are trei deschideri fiecare de 37, prevăzută cu cîte o vană metalică mobilă de formă trapezoidală, cu o clapetă mobilă rabatabilă la partea superioară, astfel încît înălțimea maximă de reținere poate fi de 8,00 m (de la cota 86,50 la 94,50) (fig. 4).

Greutatea totală a unei vane metalice este de circa 400 t. Pentru o manevrare mai ușoară calea de rulare a cărucioarelor a fost dispusă

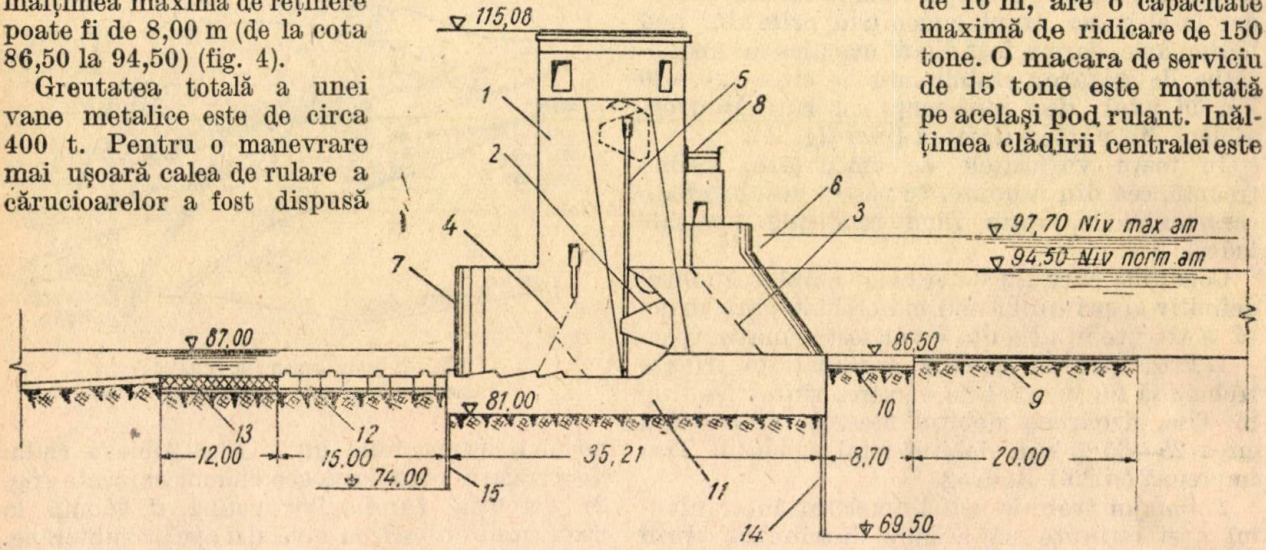


Fig. 4. Secțiunea transversală prin barajul mobil:

1 — pilă; *2* — stavila metalică *L* = 37 00; *3* — batardou amonte; *4* — batardou aval; *5* — mecanism pentru ridicarea stavilei; *6* — avant bec; *7* — arier bec; *8* — podet metalic de serviciu; *9* — avant radier; *10* — avant radier; *11* — radier din beton armat; *12* — post radier (cu blocuri pentru distrugerea energiei; *13* — post radier consolidat; *14* — palplanșe metalice amonte; *15* — palplanșe metalice aval.

Puterea medie produsă de uzină e aproximativ 11 000 kW.

Puterea maximă teoretică pentru o cădere de 7,5 m a unei turbine este de aproximativ:

$$P = 9{,}81\ \eta\ QH = 9{,}81.0{,}90.95.7{,}5 = 6\ 300\ \text{kW}$$

Podul rulant cu o deschidere a căii de rulare de 16 m, are o capacitate maximă de ridicare de 150 tone. O macara de serviciu de 15 tone este montată pe același pod rulant. Înălțimea clădirii centralei este

oblic, micșorîndu-se astfel forța de ridicare a vanei (fig. 5). Aici ca și la uzina hidroelectrică, radierul de beton armat, este prevăzut cu doi pereți de palplanșe metalice. Peretele amonte are o adîncime de circa 10,50 m, iar cel aval de 10 m. Lungimea avant radierului este de 8,70 m iar a postradierului de 27,00, m ultimul fiind alcătuit pe prima parte în lungime de 15 m din blocuri cubice de beton avînd și rol de disipator de energie iar ultima parte în lungi-

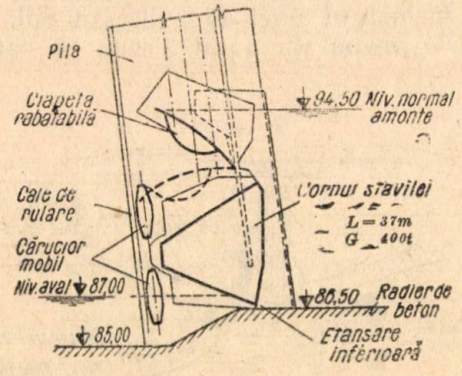


Fig. 5. Secțiune transversală prin barajul mobil;

me de 12,00 m este formată de blocaj de piatră mare pentru evitarea eroziunilor în aval.

Uzina este echipată cu trei turbine Kaplan cu un diametru de 4,80 m fiecare dimensionată pentru un debit de 95, m^3/s și pentru o cădere care variază între 0 și 7,5 m.

de 15 m. Lungimea de construcție a infrastructurii uzinei este de 47,80 m.

Pentru micșorarea infiltrațiilor s-a prevăzut în afară de avant radierul de 10 m lungime și un post radier de 20 m lungime. Distanța între palplanșele metalice este de 35,21 m. Cota la care ajung palplanșele pentru adîncimea de batere a palplanșelor amonte atinge cota de 66,20, iar la cele aval cota 68,50 m. d. M.

Din fig. 6 se văd detaliat părțile de construcții și dispozitivele principale mecanice. De menționat este că tubul de aspirație este jumelat (compartimentat la capătul aval în două părți).

Ecluza este destinată pentru ecluzarea vaselor fluviale și șlepurilor pînă la un tonaj de 1 000÷1 200 tone. De asemenea s-a avut în vedere și posibilitatea ecluzării vaselor cu sbaturi care circulă pe Tisa. Din această cauză dimensiunile generale ale ecluzei au fost alese astfel: lungimea între porți 85 m, lățimea 17 m cu asigurarea unei adîncimi de 3 m în sus. Ambele porți sînt buscate. Umplerea și golirea ecluzei se face prin canale de derivație laterale. Pentru micșorarea infiltrațiilor s-a prevăzut și aici un perete de palplanșe amonte și unul aval (fig. 7).

Una din dificultățile mari care trebuiau învinse chiar de la începutul execuției, a fost lupta împotriva infiltrațiilor. Aici se vor indica sumar punctele esențiale ale acestei probleme urmînd ca în viitor această problemă să fie tratată mai pe larg. Multe părți din construcție s-au executat la o diferență de nivel de 13 m, pînza de apă subterană fiind alimentată de rîul Tisa, din

imediata vecinătate a construcției. Soluția adoptată a fost scoborîrea artificială a nivelului apei subterane prin puțuri dispuse în trei trepte. Lucrările propriu zise de execuție au început în octombrie 1950, iar pînă în august 1951 s-a ajuns la coborîrea necesară a pînzei pentru execuția lucrărilor la uscat. Față de 240 puțuri proiectate s-au construit numai 215.

Debitul de 2,5—3 l/s pentru fiecare puț rezultat din experiențe și calcule preliminare, s-a dovedit în realitate ca o cifră suficient de acoperitoare, deoarece s-au observat numai debite maxime de circa 2,2 l/s, uneori chiar și de 1,7 l/s. Betonarea infrastructurii din beton a putut începe în august 1951.

Mărimea și importanța acestor lucrări hidrotehnice se vede din următoarele cifre : volumul total de beton atinge circa 90 000 m³ și cantitatea de fier beton circa 10 000 tone. Volumul de excavație inclusiv crearea albiei noi a rîului Tisa este de 4 000 000 m³. Marea majoritate a excavațiilor au fost executate cu drăgi refulante.

Cerința cea mai urgentă a nodului hidrotehnic de la Tiszalök a fost punerea în funcțiune a

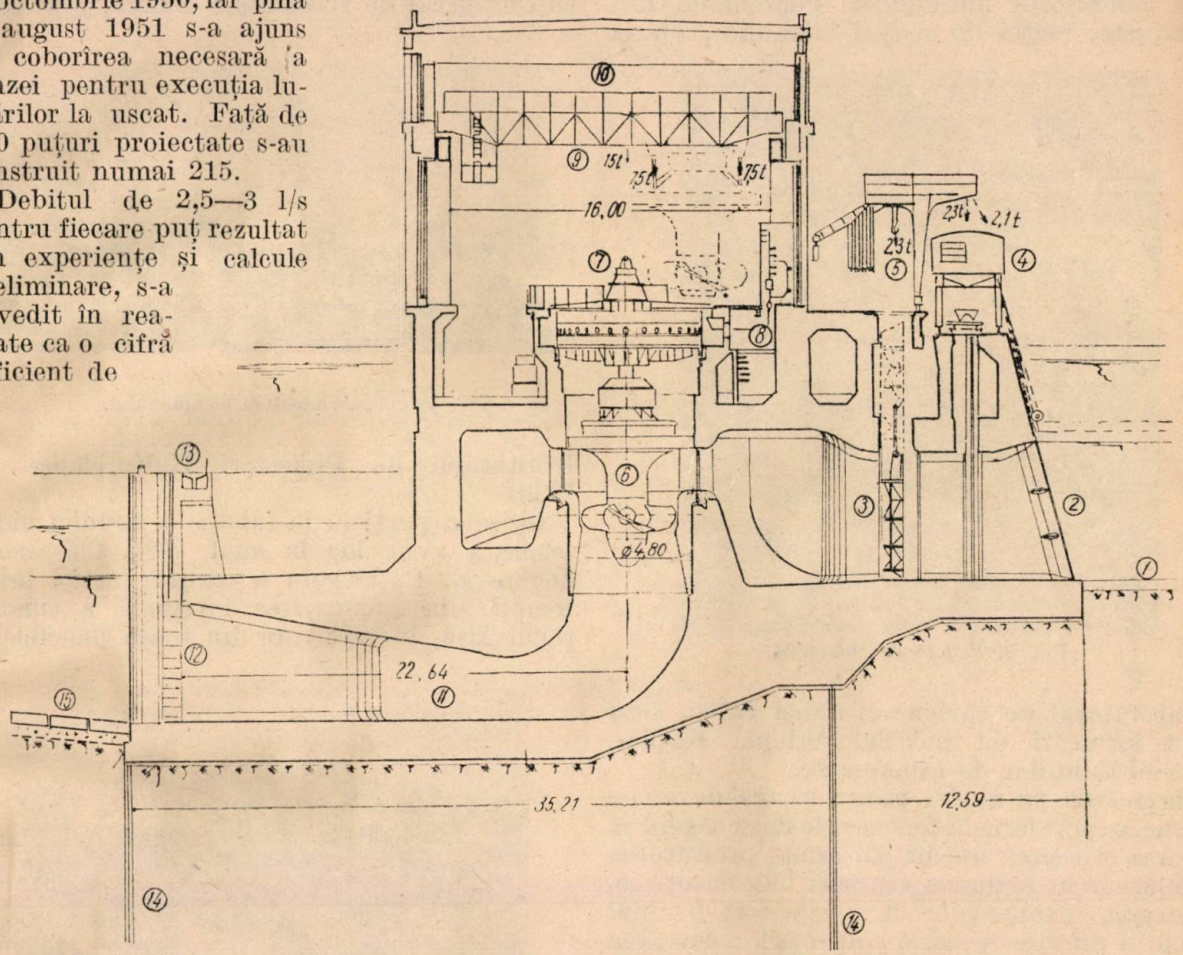


Fig. 6. Uzina hidroelectrică :

1 — avant radier; *2* — grătar; *3* — batardou amonte *4* — dispozitiv pentru curățirea grătarului; *5* — macara mobilă pentru batardou și transformatori; *6* — turbina Kaplan; *7* — generator; *8* — post transformator; *9* — pod rulant (150 t) *10* — sala turbinelor; *11* — tubul de aspirație; *12* — batardou aval; *13* — pasarela de serviciu; *14* — pal- planșe *15* — post radier

canalului magistral de irigație. Din această cauză a fost terminat în primul rînd barajul mobil, creindu-se astfel posibilitatea intrării apelor în canalul magistral. Prin aceasta s-au realizat condițiile de transport a apei pentru nevoile agriculturii, îndeplinindu-se astfel în primă urgență programul privind dezvoltarea agriculturii, menit să contribuie la ridicarea nivelului de trai al oamenilor muncii din R.P.U.

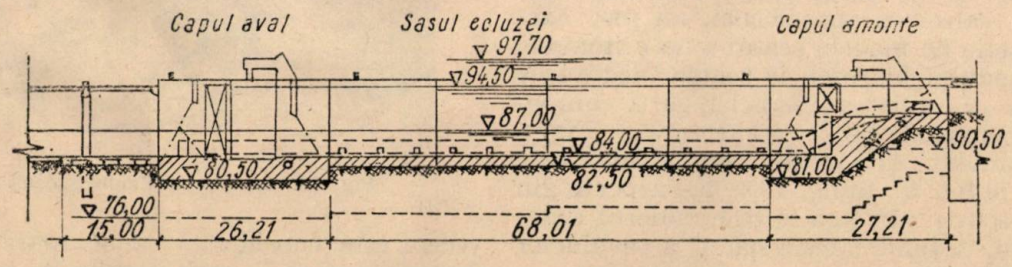


Fig. 7. Secțiunea longitudinală prin ecluză.

Mai trebuie menționat că, la această importantă realizare în domeniul construcțiilor hidrotehnice au colaborat intens diverse institute de proiectare și institute de cercetări științifice.

In laboratorul hidraulic al Politehnicii din Budapesta, secția de mașini hidraulice, cît și

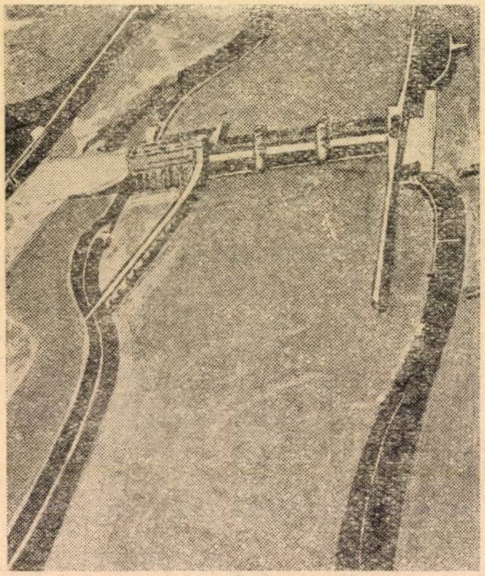


Fig. 8. Vedere de ansamblu.

la laboratorul de turbine al uzinei Ganz, s-au făcut încercări cu modelul turbinei Kaplan modelul tubuilor de aspirație etc.

Incercările pe model pentru partea de construcție, s-au referit la fenomenele de scurgere la intrarea și ieșirea apelor din uzină, producerea vîrtejurilor în regiunea centralei hidroelectrice, încercarea fenomenelor de scurgere la barajul mobil în diferite ipoteze, și în sfîrșit încercarea pe model a ecluzei pentru cercetarea fenomenelor de scurgere (umplerea și golirea ecluzei pentru a obține un timp minim de ecluzare, stabilitatea maximă a vasului ecluzat astfel ca tracțiunea în parîme să nu depășească 1/650 din tonajul vasului maxim care urmează să fie ecluzat).

Afară de aceste lucrări de studii, s-au mai executat încercări în laborator și experiențe pentru a modela fenomenele de scurgere ale apelor de infiltrație de-a lungul radierului construcției și în jurul palplanșelor metalice.

Pentru realizarea ansamblului, au fost executate o serie de modele pentru a da o imagine fidelă a nodului hidrotehnic pentru încadrarea în regiune și studierea diferitelor părți componente din punct de vedere arhitectural. Fig. 8 redă ansamblul. Arhitectura complexului este înfățișată în fig. 9. In fig. 10 se dau aspecte din timpul execuției; în față se vede radierul barajului mobil, în fund camera spirală a turbinelor în curs de betonare.

La realizarea acestui nod hidrotehnic cu complexitatea lucrărilor lui s-a relevat în mod deosebit, sprijinul multilateral acordat de Uniunea Sovietică, atît prin documentații speciale și cărți tehnice în această ramură, dar mai ales prin ajutorul direct dat de specialiști în frunte cu consilierul de specialitate Eliava, Directorul

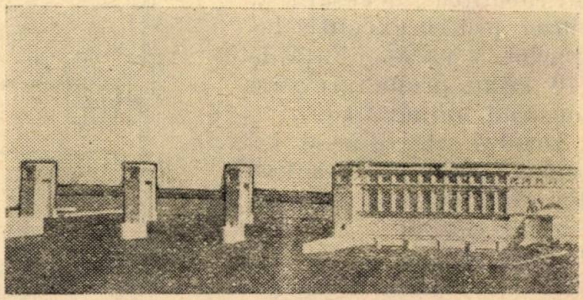


Fig. 9. Arhitectura complexului.

Institutului de Proiectări Hidrotehnice din Tbilisi.

Intrarea parțială în funcție a nodului hidrotehnic a avut loc în anul 1954. Cu această lucrare R. P. Ungară a realizat astfel prima treaptă din amenajarea integrală a cursului rîului Tisa, lucrare care din toate punctele de

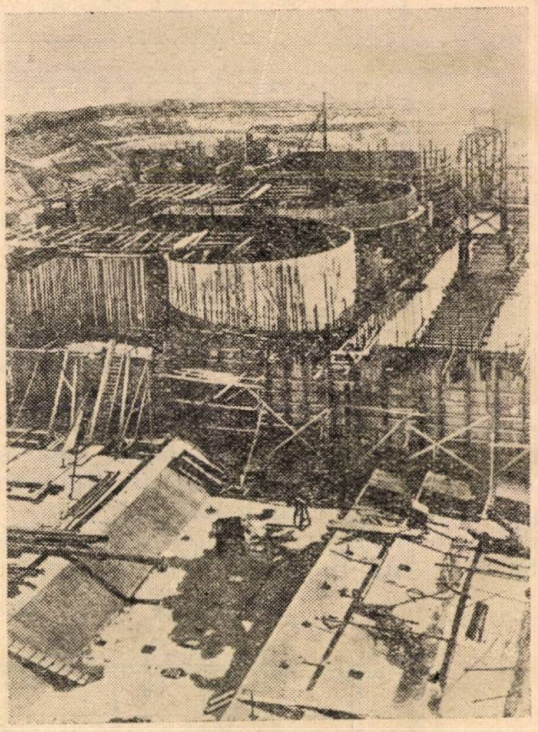


Fig. 10. Aspecte din timpul execuției.

vedere este considerată ca un mare succes în drumul construirii socialismului în țara vecină și prietenă.

Ing. R. Möckeseh

Tassel W. şi Wilck A. F.: **Legătura între cei mai importanţi parametrii influenţînd supraîncălzirea intermediară practică.** *„BWK"*, nr. 2/1954 pag. 44—51.

Se analizează influenţa parametrilor principali asupra consumului specific al unei CTE cu supraîncălzire intermediară.

Circuitul termic. Circuitul termic asupra căruia s-au făcut calculele, are 6 trepte de preîncălzire, şi temperatura de preîncălzire de 235°C. Intîi se arată pierderea de presiune în supraîncălzitorul intermediar în funcţie de presiunea de supraîncălzire intermediară şi temperatura de supraîncălzire (pierderea scade cu creşterea presiunii); apoi sînt analizate sub formă de diagrame influenţele următorilor parametri asupra consumului specific de căldură.

1. Presiunea aburului viu. Curbele sînt trasate pentru diferite temperaturi ale aburului viu precum şi diferite temperaturi şi presiuni de supraîncălzire intermediară.

2. Temperatura aburului viu. Din diagrama trasată rezultă că variaţia consumului de căldură cu temperatura aburului viu este mai puţin influenţată de parametrii aburului la supraîncălzirea intermediară decît variaţia randamentului în funcţie de presiune.

3. Temperatura supraîncălzirii intermediare. Cîştigul de randament la variaţia temperaturii de supraîncălzire intermediară este mult influenţat de temperatura şi presiunea aburului viu şi de presiunea de supraîncălzire intermediară.

4. Presiunea supraîncălzirii intermediare. In 6 diagrame se arată curbele de variaţie ale consumului de căldură în funcţie de presiunea de supraîncălzire intermediară pentru diferite valori ale randamentului interior al turbinei (corpul de înaltă presiune şi corpul de joasă presiune). Diagramele sînt construite pentru diferite valori ale presiunii şi temperaturii aburului viu şi temperaturii supraîncălzirii intermediare. Curbele au un minim de consum la presiuni cuprinse între 30 şi 50 ata.

5. Temperatura apei de răcire. Temperatura apei de răcire schimbă consumul specific de căldură dar nu influenţează forma curbelor studiate mai sus.

Influenţa randamentului interior al turbinei. Se analizează variaţia randamentului intern al turbinei în funcţie de parametrii studiaţi mai sus. Variaţia temperaturii de supraîncălzire intermediară nu influenţează simţitor randamentul. Variaţia presiunii de supraîncălzire intermediară influenţează simţitor randamentul corpului de înaltă şi joasă presiune.

Această variaţie depinde şi de construcţia turbinei în care privinţă se cercetează trei tipuri de turbine : 3 corpuri dublu flux, 3 corpuri triplu flux, 2 corpuri dublu flux.

Randamentul corpului de înaltă presiune. Randamentul variază în funcţie de încărcarea roţii de reglaj. Curba trasată indică scăderea aproape liniară a randamentului în funcţie de presiunea intermediară. Variaţia acestuia nu depăşeşte + 1,5%.

Randamentul corpului de joasă presiune. Elementele care influenţează acest randament şi pentru care sînt trasate diagramele de variaţie în funcţie de presiunea intermediară sînt următoarele :

— Pierderile datorite umidităţii finale a aburului. Pierderile cresc cu presiunea de supraîncălzire intermediară, cu randamentul corpului de joasă presiune, şi descresc cu mărirea temperaturii de supraîncălzire intermediară.

— Variaţia recuperării între trepte. Această variaţie este puţin influenţată de presiunea intermediară şi depinde efectiv de numărul de trepte ale corpului de joasă presiune.

— Pierderile prin viteza reziduală. Acestea sînt de asemenea puţin influenţate de presiunea de supraîncălzire intermediară.

— Pierderi prin neetanşeităţi şi frecări. Pierderile cresc cu creşterea presiunii de supraîncălzire intermediară şi depind de tipul constructiv al turbinei.

Suprapunerea variaţiilor datorite circuitului termic şi ale randamentului intern al turbinei.

In 6 diagrame se analizează efectul suprapus al variaţiei randamentului intern în funcţie de presiunea de supraîncălzire intermediară şi randamentul circuitului termic şi pe baza lor se trasează presiunea optimă de supraîncălzire intermediară pentru diferite presiuni iniţiale între 90 şi 170 at şi temperatura de supraîncălzire intermediară între 450...525°C.

Corecţia pentru modificarea temperaturii de preîncălzire a apei. In cazul cînd odată cu creşterea presiunii de supraîncălzire intermediară se măreşte şi temperatura de preîncălzire a apei, se arată într-o diagramă coeficientul de corecţie care trebuie aplicat ciclului termic. Curbele de corecţie sînt date pentru 5,6 şi 7 prize şi sînt practic lineare. Variaţia randamentului este de maximum + 1% dacă temperatura variază între 190 + 280°C faţă de valoarea nominală de 235°C.

E6.

em.

Kontorovski A. Z. şi Ratner A. V.: **Urmărirea stării metalului conductelor tubulare de înaltă presiune** *„Electriceskie stanţii"*, nr. 1/1955, pag. 92—98.

Controlul deformării în timp a conductelor care lucrează la presiuni şi temperaturi ridicate, recunoscut ca o necesitate a fost precizat de către MCE din U.R.S.S. în instrucţiunile provizorii asupra urmăririi fluajului din 1948. Institutul unional de termotehnică a urmărit aplicarea măsurilor scoţînd în evidenţă o serie de neajunsuri printre care : inperfecţiunea reperelor de fluaj, ale căror suprafeţe nu se pot uzina corect ; lipsa izolaţiei termice în unele locuri cu repere, ce a ce conduce la observaţii inexacte (peretele conductei izolate are o temperatură mai mare decît locul măsurătorii) ; imprecizia aparatelor de măsurat şi inexistenţa unei metode de măsurare a temperaturii potcoavei micrometrului ; utilizarea incorectă a aparatelor de măsurat de către personal necalificat şi înregistrarea nesatisfăcătoare a datelor.

Datorită acestor cauze eroarea absolută întrece uneori mărimea de măsurat.

Se recomandă următoarele precauţii : pentru agregatele noi punctele de control trebuie stabilite la montaj, iar prima măsurătoare efectuată înainte de darea în exploatare ; efectuarea măsurătorilor să se facă de persoane calificate, declaraţi responsabili cu această problemă. Locurile de măsurare să fie stabilite încă de la proiectare conform nevoilor.

In scopul îmbunătăţirii măsurătorilor, instrucţiunile din 1948 au fost modificate după cum urmează (în articol se dau extrase din articolele modificate) : măsurarea fluajului se face numai la conducte cu diametru mai mare decît 100 m m şi o durată de utilizare mai mare de 1 500 ore/an ; se recomandă analiza chimică a metalului conductei precum şi analiza cu raze gama a sudurilor — se interzice ridicarea temperaturii ţevii cu mai mult de 150°C peste cea prescrisă notîndu-se frecvenţa şi durata acestor cazuri. Este necesar o schemă a conductelor cu marcarea punctelor de control Pentru măsurătoare trebuie să se sudeze pe conductă repere de fluaj cu suprafaţă sferică polisată, şi ajustate a avea aceiaşi cotă exterioară la ţevi cu acelaşi diametru. Măsurătoarea urmează a se face fie cu micrometrul, fie cu un şablon, avînd joc 0,5 — 1% din diametrul iniţial — la măsurare, care are loc numai în stare de repaos, se măsoară simultan temperatura peretelui ţevii şi temperatura mediului ambiant — a doua măsurătoare se face la un an de la darea în exploatare sau la 6 luni la centralele vechi. Măsurătorile următoare se fac anual dacă creşterea diametrului este între 0,5 — 1% pentru 50 000 ore utilizate, dacă creşterea diametrului are loc mai repede, perioadele de măsură se stabilesc de o comisie tehnică specială. La depăşirea valorii de 1% sau a vitezii de creştere de $1\,10^{-6}$ mm/mm S, se va face analiza structurii materialului.

In capitolul rezervat ţevilor supraîncălzitorului se specifică în plus — obligativitatea analizei chimice prealabile a materialului ţevilor — dimensiunile şabloanelor de măsurat : Dn + 1,5%; Dn + 2,5%; Dn + 3,5%; Dn + 4,5%. Punctele de măsurat se curăţă cu şmirghel pînă la luciu metalic, nu se permite pilirea. La ţevile supraîncălzitorului nu interesează viteza de curgere ci numai deformaţia remanentă : Se cere de asemenea a se determina elementele aliate în carburile metalului din regiunea de control.

In capitolul urmărirea grafitării se specifică, în plus că : (capitolul se referă numai la ţevi cu Mo, care funcţionează la

temperaturi mai mari decît 475°C). Cercetarea grafitării sudurilor se face prin probe la 5% din îmbinări, la trei ani. Se indică de asemeni procedeul pentru obținerea rapidă și corespunzătoare a eprubetelor. E 7

em.

Oechslin : **Tipuri standardizate de turbine cu gaze în circuit închis** ,,*Techn, Rdsch Bern*'', vol. 46 (1954), nr. 19, pag. 3.

Turbinele cu gaze industriale s-au dezvoltat foarte mult în ultima vreme. In Elveția s-au stabilit chiar tipuri normalizate pentru turbine în circuit închis. Firma Escher Wyss construiește în prezent următoarele mărimi standardizate :

2 000—2 500 kW	1 100 mm	diametru, 2 000	mm lungime
5 000—6 000 ,,	1 100 mm	,, 2 800	mm ,,
10 000—12 500 ,,	2 200 mm	,, 3 500	mm ,,

Toate aceste tipuri pot fi exploatate cu arzătoare de gaze ; păcură sau cărbune pulverizat, fără ca elementele de bază ale construcției mașinilor, schimbătoarelor de căldură și răcitoarelor să necesite modificări constructive. Turbina și compresorul sînt montate pe o singură axă, într-o carcasă unică. Temperatura la intrare a aerului cald în turbină atinge 650...700°C, temperatura la ieșire (la schimbătorul de căldură) circa 400°C. In prezent este în construcție o instalație de 2 300 kW, la care o parte din apa de la răcitorii compresorului, este folosită pentru încălzirea unei fabrici de o mărime mijlocie. După temperatura apei de răcire și natura combustibilului se pot atinge randamente la plină sarcină de 26—32% care chiar la sarcini parțiale scad numai puțin. E 8

ib.

Schwarz **G. M.** ; **Determinarea diametrelor economice optime în rețele exemplificate pentru rețele termice** *B.W.K*, vol 6/1954, nr. 1, pag. 7—9.

La dimensionarea rețelelor de termoficare cu apă caldă se pleacă de obicei de la o cădere de presiune constantă sau de la o viteză constantă în toate porțiunile rețelei. Acest procedeu nu asigură însă determinarea soluției economice optime. De aceea pentru a avea asigurată condiția economică, trebuie detaliate cheltuielile anuale de exploatare ale rețelelor, diametrul economic optim se deduce prin minimul acestor cheltuieli anuale.

Cheltuielile anuale de exploatare dependente de diametrul conductelor la o instalație de încălzire la distanță, cu pompare, se compun din : cheltuieli de amortizare și cheltuieli de întreținere, cheltuieli datorite pierderilor de căldură ; cheltuieli pentru energia electrică consumată de pompele de circulație.

In mod exact aceste cheltuieli nu pot fi reprezentate analitic, ci numai grafic. Totuși considerînd pe de o parte cheltuielile de amortizare, întreținere și cele datorite pierderilor de căldură ca variind liniar cu diametrul d, iar pe de altă parte, considerînd cheltuielile pentru energia electrică consumată de pompe variind ca funcție complexă de diametru, coeficient de frecare și debit de apă, rezultă pentru diametrele economice optime ale unei rețele termice, următoarea expresie :

$$d_{opt\ 1.2.3} = C \sqrt[6]{C+} \sqrt[3]{G_{1.2.3}}$$

în care :

$d_{opt\ 1.2.3}$ sînt diametrele economice optime ale diferitelor porțiuni de rețea ;

C un coeficient constant cuprinzînd influența cheltuielilor de amortizare, de întreținere, de pierderi de căldură, a coeficientului de frecare și a unor coeficienți de transformare ;

$C+$ un factor cuprinzînd durata anuală de utilizare a stației de pompare, prețul energiei electrice și debitul total de apă ;

$G_{1.2.3}$ sînt debitele parțiale în diferitele porțiuni ale rețelei.

Cu această formulă precum și cu formula căderii de presiune optime și a vitezei optime (deduse în mod asemănător) se poate determina influența diferitelor elemente asupra diametrului, căderii de presiune și a vitezei în rețelele termice. Procedeul se poate extinde pentru conducte de abur, ulei sau gaze. De la caz la caz trebuie ținut seama de faptul că anumite elemente de cost au o pondere mai mare la anumite tipuri de rețele. E9

m.a.

Lunecev V. V. și Smukler B. I. : **Regimul de pornire al agregatelor de cazane cu trecere forțată** *Electriceskie stanții* nr. 3 /1955 pag. 3—11.

Cazanele cu trecere forțată pot fi oprite ușor în perioadele de goluri. In schimb, la pornire sînt necesare precauțiuni pentru creșterea uniformă a temperaturii elementelor cazanului. Pornirea cazanelor cu trecere forțată este totuși simplă și mai rapidă decît a cazanelor cu circulație naturală.

In perioada tranzitorie de pornire a cazanelor de mare presiune se observă o creștere a presiunii înainte de supraîncălzitor. Temperaturile suprafețelor în această perioadă nu diferă mult față de temperaturile normale. Supraîncălzitorul lucrînd în această perioadă ca vaporizator, există o diferență între debitul de abur produs și debitul de apă primit de cazan. Diferența se accentuează cu cît pornirea este mai forțată.

La sfîrșitul perioadei de pornire, supraîncălzitorul își ia rolul său și atît ridicarea de presiune cît și diferența între debitul apei și al aburului se anulează. Fenomenele descrise nu împiedică pornirea cazanului în 40—45 min.

Fenomenele periculoase la pornirea cazanului sînt : separarea aburului de apă și pulsația curentului de apă între spire. Autorii studiind pornirea unui cazan de tipul 67 CP—230 100 arată că separarea aburului de apă nu este posibilă în nici un regim, fapt confirmat de exploatarea mai multor tipuri de astfel de cazane. Pulsația între spire, studiată la mai multe cazane este arătată în 5 diagrame caracteristice. La cazanele de medie presiune dacă se crește presiunea treptat, amplitudinea pulsațiilor poate atinge 80—90% din debitul nominal, atenuîndu-se la 5—8% din regimul normal de lucru. Dacă se menține cu ajutorul ventilului de pornire o presiune ridicată în cazan la pornire, amplitudinea pulsațiilor scade la 50—60% din debit.

La cazanele de medie presiune, pulsațiile se pot reduce la 20—30% la pornire dacă se instalează în cazan un schimbător de căldură. Același rezultat se obține dacă se realizează o temperatură ridicată a apei în preîncălzitorul de convecție.

La cazanul 67 CP 230/100, amplitudinea pulsațiilor este neglijabilă (3—4%).

La acest cazan pentru evitarea vaporizării apei în ventilul de alimentare este rațional să existe de la începutul pornirii o presiune de abur de 25—30 at, care se crește pe măsura vaporizării. E 10

em;

* * * : **Amenajarea depozitului de cărbuni într-o centrală termoelectrică** *BWK*, nr. 5, mai 1954 pag. 182, după ,,*Power Eng*'' vol. 57 (1953) nr. 5 pag. 62—63.

Cea mai mare greutate la amenajarea unui depozit de cărbune într-o CTE este apărarea împotriva umidității și împiedicarea autoaprinderii și a formării de praf. In S.U.A., întreprinderea Consolidated Edison a rezolvat această problemă în mod favorabil amenajînd un depozit de cărbune pentru toate centralele sale ; depozitul cuprinde două milioane tone de cărbune.

Inainte de formarea depozitului, terenul se nivelează cu ajutorul unui strat de cărbune de circa 30—50 cm înălțime, tasat cu ajutorul tractoarelor. Depozitul se umple și se cilindrează strat cu strat în mod asemănător, pînă la înălțimea finală a cărbunelui de 15 m. Cărbunele se întinde pe depozit cu screpere. Marginile haldelor au o înclinare de 45°, iar suprafața superioară 1 : 50.

Pentru fiecare sort se construiește o haldă pînă la 250 mii tone cărbune. După amenajare întreaga suprafață a haldei se acoperă cu un strat de smoală din gudroane, (gudronul este un produs secundar al distilăriilor de cărbune al întreprinderii). Gudronul se împrăștie peste suprafața cărbunelui cu ajutorul unei cisterne, fiind pulverizat la 28 at și 28°C. Grosimea stratului de protecție atinge 1,5—2 cm. Consumul de smoală de gudron depinde de structura cărbunelui și atinge în medie 10 l/m². E 11

em.

Probleme noi în electrotehnică (*Neuere Erkenntnisse der Elektrotehnik*), Rapoarte prezentate, discuții, la Congresul al 5-lea anual al Electricienilor germani (R.D.G.) la Weimar, 1954 V.E.B. Verlag Technik Berlin, 1954. 1103 pagini, 926 figuri, o planșă, 26 tabele.

Lucrarea cuprinde atît discursurile pronunțate la deschiderea congresului de către președintele camerii tehnice, Ing. Slavek și de către Ministrul Industriei Construcției Mașinilor din Republica Democrată Germană, M. H. Rau, cît și cele 70 rapoarte tehnice prezentate, și în parte urmate de discuții. Acestea se referă toate la propuneri sau experiențe referitoare la introducerea de metode tehnice noi și s-au repartizat între cele 14 secții ale congresului, dintre care 11 secții de specialitate energetică și electrotehnică, iar trei de măsuri tehnice.

Rapoartele cuprind subiecte de producerea și transportul energiei electrice, dar mai ales în domeniul utilizărilor acestei energii, — cu referire specială la cele de curenți slabi. O parte din rapoarte se referă la probleme constructive ale mașinilor, aparatelor și instrumentelor intervenind în utilizările citate, iar 16 rapoarte cuprind probleme de măsurători electrice în mare parte în circuite de mare frecvență.

In cadrul secției de *producere a energiei* s-au tratat mai multe probleme de construcție a generatoarelor, transformatoarelor de putere și celor de măsură și una singură de exploatare, referitoare la progresele răcirii cu hidrogen a mașinilor electrice rotative de mare turație.

La secția de *transport a energiei* s-au prezentat cele mai multe rapoarte, de un interes special pentru mersul sigur și economic al exploatărilor corespunzătoare.

Dintre acestea trebuie menționate :

— Un raport studiind utilizarea a 2 sau 3 tensiuni în rețelele urbane, cu concluzii în favoarea sistemului cu 2 tensiuni (de exemplu 30/0,4 kV) pentru consumuri specifice de minimum 1 000 kVA pe km².

— Un raport desvoltînd o nouă metodă de reprezentare grafică și statistică, prin diagrame circulare a avariilor și pagubelor suferite de instalații, cu indicarea corelațiilor între ele.

— Descrierea unor sisteme avertizoare de producerea chiciurii pe conductoarele liniilor aeriene de înaltă tensiune din care se remarcă prin simplitatea sa, dispozitivul utilizat în R.D.G., care dă semnale acustice în instalații existente de înaltă frecvență, pe aceleași linii.

— O dare de seamă asupra avantajelor ce se obțin cu utilizarea în rețelele electrice a stîlpilor și pieselor din beton pretensionat, cu arătarea rezultatelor obținute la picioare (socluri) pentru stîlpi de lemn, suporți pentru stații exterioare etc., și cu referire specială la economia de oțel beton obținută.

— Un raport asupra utilizării separatoarelor-coloană în stații exterioare de 110 kV și a separatoarelor cu pantograf în cele de 200 kV, permiț îndo simplificare și ieftinire apreciabilă a construcțiilor acestor stații, obținîndu-se și o economie sensibilă de suprafață ocupată.

— Un studiu asupra influenței unor pierderi neprevăzute de putere în sisteme energetice interconenctate, asupra menținerii frecvenței. Se ajunge la concluzia necesității unor rezerve de putere în sistem, pentru a face față creșterilor neprevăzute ale pierderilor corona și ohmice transversale pe liniile de 110 și 220 kV pe timp de ploi și ceață. Dată fiind densitatea crescîndă a acestor linii, sporul de pierderi respectiv poate atinge circa 2—3% din vîrful total cerut într-un sistem.

— In domeniul utilizărilor electrice, secțiile *acționări și reglaje electrice* și instalații electrice *antideflagrante și antigrizutoase* au prelucrat împreună nouă rapoarte, tratînd probleme speciale ale acționărilor pe vapoare, despre perspectivele motorului electric capsulat și ventilat din exterior, reglajul magnetic al tensiunii generatoarelor sincrone, diferite probleme de încercări și exploatare pentru motoare și aparate electrice antideflagrante și antigrizutoase.

— Secțiile *cabluri și conducte, electrocăldură* și *tehnica iluminatului* au primit în total unsprezece rapoarte, din care cinci pentru iluminat. In primele două specialități sînt de remarcat : problema utilizării izoperlonului la cabluri, problemele fabricației firelor conductoare subțiri și procedee de măsuri pe cabluri simetrice de frecvențe purtătoare, construcția instalațiilor pentru încălzirea cu raze infraroșii și expunerea de învățăminte și vederi de perspectivă, în încălzirea industrială de înaltă frecvență.

Rapoartele relative la tehnica iluminatului pun accentul în special pe mijloacele cele mai moderne de iluminat (cu fluorescență, cu descărcări sub înaltă presiune) tratînd despre dezvoltarea acestora, despre determinări de randamente la astfel de instalații și tipizarea corpurilor de iluminat ; infine, despre surse de iluminat speciale, de la cele cu raze infraroșii la cele cu raze ultraviolete.

— O atenție specială s-a acordat secțiilor de *tehnica telecomunicațiilor* cu și fără fir (12 rapoarte prelucrate) și în cadrul acestora, rapoartele dedicate *problemelor de televiziune*. Aci s-a tratat despre teoria informației în cadrul mai larg al tehnicii telecomunicațiilor moderne și în cel mai restrîns al tehnicii televiziunii. Mai departe se descriu două procedee moderne de televiziune în culori și se tratează problema desvoltării receptoarelor de televiziune, se descriu experiențe obținute în domeniul modulației impulsurilor și diferite scheme de transmițători de înaltă frecvență. Infine, un raport tratează despre calculul antenelor de emisie pentru unde mijlocii și lungi. Rapoartele referitoare la *telecomunicații cu fir*, insistă asupra utilizării releelor și selectoarelor electronice și ionice, asupra problemei mijloacelor de comutare electronice și problemelor de transmisie la distanțe mari cu frecvențe purtătoare — cu referire specială la instalațiile pentru posturi de dispeceri și la caracteristicile lor.

— Alte două secții s-au ocupat de probleme de *tuburi și elemente pentru instalații electronice și de electroacustică*. In cadrul celei dintîi s-au prezentat în total opt rapoarte insistînd în primul rînd asupra realizărilor moderne de *tuburi electronice* : pentru posturi de dispeceri și emițătoare de televiziune, pentru cîmpuri mobile, tuburi generatoare de cîmpuri magnetice pentru unde ultra-scurte, tuburi receptoare și dezvoltările lor recente, cu diferite scheme de utilizarea lor.

Mai departe s-a tratat despre bazele fizice și tehnice ale *tranzistorilor* despre rolul diadelor cu siliciu și germaniu în telecomunicații, despre caracteristicile condensatoarelor ceramice pentru transmisii de înaltă frecvență.

Secția *electro-acustică* a prelucrat numai patru rapoarte despre caracteristicile grupelor de receptoare acustice, despre problemele desvoltării aparatelor electronice pentru persoane cu auz greu, problema măsurătorii de distanțe prin impulsuri, acustice și despre difuzorul acustic cu pîlnie, cu randament mărit.

Infine mai trebuie menționate aci lucrările celor trei *secții de măsurători tehnice*. Dintre rapoartele prezentate în cadrul lor, trebuie relevate cele cu contingență la exploatările energetice și anume cele despre o serie nouă de instrumente de măsură tipizate pentru tablouri de comandă, despre localizarea defectelor pe linii electrice aeriene, despre măsurarea capacității și unghiului de pierderi la condensatori, despre măsurători asupra fenomenelor electrice tranzitorii, despre măsurători de pierderi corona.

Restul pînă la douăsprezece rapoarte de specialitatea măsurătorilor se referă în special la măsurători de laborator, ca cele de înaltă frecvență pentru încercări de aparate de înaltă tensiune, determinarea perturbărilor radiofonice, echilibrajul automat al punților de măsură. Cîteva rapoarte din acest domeniu se ocupă cu probleme speciale, ca aceea a determinărilor de conținuturi de oxigen pe cale magnetică, descrierea unui aparat înregistrator pentru determinarea rezistenții izolanților la curenți de scurgere superficiali precum și a unui fazmetru pentru cvadripoli lineari în zone de frecvențe muzicale și purtătoare.

Intreaga dare de seamă asupra Congresului electricienilor germani din Weimar în 1954 constituie o documentare prețioasă pe linia desvoltării tehnicii noi în energetică și industria electrotehnică.

Ing. V. R.

DOLGHINOV A. I.: Protecția contra supratensiunilor atmosferice a instalațiilor electrice (Grozozascita electriceschîh ustanovok), Gosizdat, 1954.

Cartea lui Dolghinov este o carte de mare actualitate pentru inginerii din exploatare. Ea tratează problemele legate de protecția contra supratensiunilor atmosferice, la un nivel științific ridicat, destinat inginerilor și tehnicienilor.

Cartea apare cam în același timp cu „Indreptarul pentru protecția contra supratensiunilor atmosferice" aprobat de Direcția Tehnică a Ministerului Centralelor Electrice și Industriei Electrotehnice al U.R.S.S., aducînd o contribuție serioa ă în lămurirea problemelor legate de protecția instalațiilor electrice contra supratensiunilor.

Materialul cărții este împărțit în șapte capitole de bază. El este axat în mare pe capitolele „Indreptarului pentru protecția contra supratensiunilor".

Primul capitol intitulat „Trăsnetul și acțiunile lui" prezintă sub o formă clară, procesul de formare a descărcărilor atmosferice, descrie curenții trăsnetului și efectele lui, arătînd în același timp și metodele practice de urmărire prin registratori feromagnetici și clidonograf acțiunea trăsnetului.

Capitolul al doilea tratează despre paratrăsnete și prize de pămînt. Se arată pe scurt mecanismul de orientare al trăsnetului și acțiunea de protecție a paratrăsnetului. Apoi se indică metoda generală de calcul al zonelor de protecție a paratrăsnetelor izolate sau grupate în jurul obiectului de protejat, dîndu-se în același timp și curbele necesare calculului. De asemenea se dau indicații asupra părții constructive a paratrăsnetelor.

Tratînd despre prizele de pămînt, cartea prezintă într-o formă clară și concisă comportarea prizelor de pămînt sub acțiunea curenților de șoc, arătînd factorii care determină variația factorului alfa care se folosește pentru trecerea de la valoarea rezistenței prizei la curenți de frecvență industrială, la valoarea ei în regim de șoc.

Un paragraf valoros din acest capitol este ultimul, care se ocupă de tipurile raționale de prize ale liniilor de transport. Pentru exemplificare se dau exerciții corespunzătoare condițiilor din practică. Intreg capitolul este astfel întocmit încît poate fi folosit ca îndreptar în calculul protecției contra loviturilor directe ale trăsnetului și a prizelor de pămînt.

In capitolul trei se descriu descărcătoarele.

La început se descriu intervalele de străpungere, mecanismul de formare a canalului conductor între electrozi și construirea caracteristicii volt-secundă.

După aceea se prezintă descărcătoarele cu rezistență variabilă. Se arată principiul de funcționare, elementele constructive, montajul și contorii de funcționare a descărcătoarelor.

Se indică tipurile descărcătoarelor fabricate în U.R.S.S. și se dă metoda de alegere a descărcătoarelor în cazul cînd izolația obiectului respectiv nu este standardă. Caracteristicile indicate și exemplele de alegere a descărcătoarelor sînt suficiente pentru rezolvarea oricărui caz greu din practică. Descărcătoarele tubulare sînt prezentate ca principiu de funcționare, construcție și caracteristici. Se indică modul de montare pe stîlpii de construcție curentă și se arată metoda de alegere a descărcătoarelor în funcție de curenții de scurtcircuit din rețea.

Capitolul al patrulea tratează protecția liniilor contra supratensiunilor atmosferice.

In acest capitol se prezintă mai întîi izolația liniilor, se tratează apariția și întreținerea arcului de frecvență industrială pe liniile de transport precum și supratensiunile atmosferice care apar pe linii. După aceea se indică principiile generale de protecție a liniilor și se analizează în parte protecția fiecărui tip de linie, în funcție de tensiunea de lucru, elemente constructive și importanță.

In încheiere se tratează problema protecției liniilor puncte de intersecție cu alte linii și în punctele de treceri de văi sau rîuri.

Capitolul cinci este închinat protecției stațiilor.

In primele paragrafe ale capitolului se tratează probleme teoretice legate de acest capitol și anume: fenomenele tranzitorii în transformatoare, precum și nivelul de izolare la șoc al transformatoarelor și al izolației din stații. După aceea se trece în revistă schemele de protecție a stațiilor de diferite tensiuni, cu descărcătoare cu rezistență variabilă. Se indică măsuri suplimentare de protecție pentru stațiile cu izolație slăbită și se dau formule simple de calcul a distanței la care trebuie așezat descărcătorul de obiectul de protejat. De asemeni se indică protecția punctelor de alimentare și posturilor mici de distribuție. In ultimul paragraf al capitolului se dă protecția stațiilor contra loviturilor directe.

Capitolul al șaselea tratează protecția mașinilor rotative contra supratensiunilor. Se descriu fenomenele tranzitorii care au loc în mașinile rotative, se indică izolația mașinilor rotative și se dau schemele de protecție în diferite ipoteze de legare la bare a mașinilor și configurația stației.

Capitolul șapte este unul din capitolele de mare interes practic. In acest capitol se dau indicații de exploatare a aparatajului de protecție contra supratensiunilor. Se descrie exploatarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă, a descărcătoarelor tubulare și a prizelor de pămînt.

In încheiere se arată modul în care trebuie analizate avariile datorate supratensiunilor atmosferice. Acest ultim paragraf reprezintă mare interes practic pentru noi, deoarece aplicarea sistemului de analizare preconizat în carte (care de altfel în sistemele energetice ale Uniunii Sovietice se practică de cîțiva ani) poate duce la o îmbunătățire considerabilă a protecției contra supratensiunilor și deci la micșorarea numărului de avarii în sistemele noastre.

Cartea cuprinde și două anexe, dintre care una cu caracter teoretic descrie fenomenele tranzitorii pe linii și în scheme, iar a doua este tabloul cu caracteristicile descărcătoarelor cu rezistență variabilă de construcție mai veche, din U.R.S.S.

Intreaga lucrare reprezintă un îndreptar pentru personalul tehnic care are de rezolvat probleme de protecție contra supratensiunilor atmosferice.

Cartea, spre deosebire de alte monografii apărute în acest domeniu (Kostenco, Sirotinski, Stecolnicov), tratează foarte pe scurt, problemele teoretice, doar în limita indicațiilor necesare pentru înțelegerea fenomenului fizic, însă insistă asupra părții de realizare practică a protecției, mergînd pînă la indicații constructive, de montaj și de exploatare. Acest lucru face ca lucrarea să poată fi folosită de personalul din exploatare pentru rezolvarea cazurilor concrete care se ivesc.

Așa indicații privitoare la protecția contra supratensiunilor a nulului transformatoarelor nepuse la pămînt, care lucrează în rețele cu nulul pus la pămînt prin descărcătoare cu rezistență variabilă, alegerea parametrilor descărcătorilor pentru cazuri nestandarde și altele, sînt pentru prima oară indicate în această lucrare.

Trebuie însă să arătăm că autorul, deși a fost membru în comisia care a întocmit „Indreptarul de protecție contra supratensiunilor" în lucrarea prezentă indică metode de protecție nepermise de „INDREPTAR".

Astfel, la protecția stațiilor de 35 kV Dolghinov recomandă în cazul cînd priza de pămînt a stației nu întrece 1 ohm legarea conductorului de protecție direct la cadrele stației și la priza comună precum și montarea paratrăsnetelor direct pe cadrele stației. Această recomandare nefiind argumentată, nu poate fi luată ca bază în rezolvarea protecției stațiilor de 35 kV.

Cu toate acestea, cartea reprezintă o lucrare valoroasă care umple un gol în acest domeniu al tehnicii..

Ing. M. D.

INDEX ALFABETIC

IANUARIE — DECEMBRIE 1955

Anton I., Bărglăzan A., Gheorghiu V., Preda I. Ghiulai F., Anton V.: Cercetarea unor distrugători de energie hidraulică, *2* (81)

Anton V. Bărglăzan A., Gheorghiu V., Anton I., Preda I., Ghiulai F.: Cercetarea unor distrugători de energie hidraulică, *2* (81) .

Andreescu A.: Măsuri organizatorice de s-curitate a muncii în instalaţiile electrice de înaltă tensiune, *3* (133).

Adămuț I.: Manevre greşite ale separatoarelor în instalaţiile electrice, *9* (429).

Bainglas S.: Perspectivele dezvoltării consumului de energie electrică în U.R.S.S., *1* (27).

Bărglăzan A., Gheorghiu V., Anton I., Preda I., Ghiulai F., Anton V.: Cercetarea unor distrugători de energie hidraulică, *2* (81).

Blidaru A.: Motoare cu pistoane libere, *3* (97).

Bainglas S.: Utilizarea izotopilor radioactivi la studiul antrenării sărurilor prin abur, *3* (136).

Barbu I.: Clasificarea internaţională a huilelor şi problema clasificării cărbunilor în R.P.R., *6* (249).

Bărglăzan A.: Staţiuni de pompare cu funcţiuni multiple, *6* (259).

Brodfeld B., Weisman M.: Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice, *8* (375).

Brenner G.: Măsurarea energiei active şi reactive cu contori monofazici, *10* (470).

Buimovici D.: Utilizarea complexă energochimică a lignitilor, *11* (489).

Comănescu T. A.: Cercerurile A.S.I.T. trebuie să ajute întreprinderile în problema normării şi reducerii progresive a consumurilor specifice de energie electrică, în industrie, *1* (44).

Constantinescu E.: Prima sesiune de comunicări ştiinţifice a corpului didactic din Institutul Politehnic Bucureşti, *1* (45).

Csaba Nagy ,Caracudovici V.: Stabilirea caracteristicilor energetice în întreprinderile cu producţie omogenă, *2* (51).

Caracudovici V.: *Csaba Nagy.*: Stabilirea caracteristicilor energetice în întreprinderile cu producţie omogenă, 2 (51).

Ciupuligă I.: Intrecerea socialistă, ca mijloc pentru micşorarea consumului specific de combustibil şi reducerea consumului de energie electrică, al serviciilor interne din centrale termoelectrice, *2* (88).

Constantinescu M., Triteanu O.: Statistica matematică în problemele hidrologice, *3* (124).

Chitic Gh. :Funcţionarea turnurilor de răcire, *4* (161).

Comănescu T. A.: Relativ la consfătuirea ,,Imbunătăţirea factorului de putere " ţinută la Sibiu la 4—5 iulie 1953, *6* (294).

Constantinescu E.: Dispozitive feromagnetice folosite pentru măsurarea curenţilor de trăsnet, *7* (315).

Costin E.: Reanclanşarea automată a bateriilor de acumulatoare în centralele şi staţiile electrice, *9* (410).

Constantinescu M., Goldstein M.: Completări privind problema formulelor aproximative în calculul debitelor maxime, *10* (467).

Dinulescu C.: Arderea gazelor bogate, *2* (58).

Derigault A.: Focar universal pentru cazane de abur utilizînd combustibil inferior, *2* (65).

Dulberg S., Calculul instalaţiilor de paratrăsnet, *2* (75).

Dinulescu C.: Balansarea rotoarelor de turbine şi de generatori pe suporţi elastici, *4* (192).

Dinulescu C.: Realizarea unui mijloc simplu şi rapid pentru amorsarea pompelor ce funcţionează neînecat, *6* (234).

Dănilă N.: Probleme actuale în desvoltarea centralelor termoelectrice cu abur, *5* (214).

Dulberg S.: Utilizarea oţelului la instalaţiile electrice, *7* (334).

Drăgan Gleb: Aspecte noi în problema depunerilor de chiciură pe conductorii liniilor aeriene, *10* (448).

Feldman V.: Determinarea regimului de vid optim la turbinele cu abur, *1* (3).

Filotti A.: Consideraţii asupra calculului eforturilor în conducte autoportante subţiri rezemate la capete, *4* (180).

Furtunescu H.: Protecţia contra coroziunii în instalaţii de epurare chimică a apei din centralele electrice, *7* (306).

Filotti A.: Consideraţii asupra calculului static al galeriilor de aducţiune cu cămăşuială de beton simplu armat, *7* (321).

Filotti A.: Probleme ale galeriilor de aducţiune brute, *9* (424).

Gheorghiu V., Bărglăzan A., Anton I., Preaa I., Ghiulai F., Anton V.: Cercetarea unor distrugători de energie hidraulică, *2* (81).

Ghiulai F., Bărglăzan A., Gheorghiu V., Anton I., Preda I., Anton V.: Cercetarea unor distrugători de energie hidraulică, *2* (81).

Gheorghiu N., Marian W.: Linii pentru transportul energiei electrice cu suporţi din beton armat centrifugat, *3* (105).

Gogu Gh.: Metodă nouă de producere a vidului în procesul de uscare a transformatoarelor de mare putere, *8* (385).

Goldemberg C.: Determinarea parametrilor economici, *9* (403).

Goldstein M., Constantinescu M.: Completări privind problema formulelor aproximative în calculul debitelor maxime, *10* (467).

Herescu I.: Metode de reglaj frecvenţă — putere în sisteme energetice interconectate, *1* (31).

Heitner M.: Determinarea diametrului economic al conductelor cu scurgere în regim laminar, *3* (131).

Hercz G.: Realizarea reglajului separatoarelor pneumatice de praf de cărbune la morile unei centrale termoelectrice, *5* (214).

Horodniceanu M.: Despre problema funcţionării pe aceeaşi stîlpi a două circuite de tensiuni diferite, *6* (254).

Herz G.: Normele tehnice ale unei centrale termoelectrice, cu abur condiţie primară a gospodăririi chibzuite, *7* (297).

Heitner M.: Determinarea racordării pereţilor în interiorul camerilor termostat, *7* (308).

Hercz G.: Reducerea pierderilor la depozitarea cărbunilor folosiţi în centralele t rmoelectrice cu abur, *8* (347)

Ionescu A., Spînu I.: Trusă portativă pentru verificarea pe teren a releelor tip varmetric de punere la pămînt, *5* (236).

Ionescu A.: Dispozitive de siguranţă cu înălţime redusă pentru cazane de abur de joasă presiune, *3* (141).

Iliescu T.: Reducerea consumului specific de combustibil într-o centrală termoelectrică cu abur prin ameliorarea circuitului termic existent, *7* (331)

Ionescu S., Manea Fl.: Precizări şi verificări experimentale ale supratensiunilor prelungite, *8* (362).

Iliescu T.: Importanţa organizării primirii şi predării, schimbului la centralele electrice, *11* (524)

Kahan M.: Conlucrarea la alunecare a elementelor construcţiilor hidrotehnice, *1* (14).

Lantoş A.: Anuarul hidrografic al R.P.U. pe anul 1955, *8* (390).

Luca Gh., Vasilescu M.: Asupra articolului ,,Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice, *12* (573).

Mihăileanu C.: Comportarea elementului direcţional al re elului secţional în cazul unei suprasarcini dezechilibrate, *1* (7)

Manolescu Gh. I.: Intreţinerea instalaţiilor de distribuţie, *1* (41)

Marc D.: Metoda simplificată de studiu grafico-analitic al supratensiunilor în staţii, *2* (69).

Marian W., Gheorghiu N.: Linii pentru transportul energiei electrice cu suporţi din beton armat centrifugat, *3* (105).
Moldoveanu V.: Sudarea electrică la ţevile de înaltă presiune, *3* (139).
Manolescu Gh.: Instalaţiile de acumulatoare (PET), *5* (237).
Manolescu Gh.: Motoare electrice ale serviciilor interne din centralele electrice PET, *6* (278).
Manea Fl., Ionescu S.: Precizări şi verificări experimentale ale supratensiunilor prelungite, *8* (362).
Mihăileanu C.: Comportarea transformatoarelor de curent în regimul tranzitoriu de scurtcircuit, *8* (370).
Manolescu Gh.: PET cap. 29 Transformatoarele, *10* (476).
Martac D.: Metode de măsurarea curentului de punere monofazat la pământ, *11* (506).
Munteanu Gh.: Caracteristice energetice în funcţie de productivitatea şi temperatura ambiantă, *12* (548).
Mociorniţă C.: Anuarul hidrologic I.S.P.E. 1952—1953, *12* (576),
Preda I., Bărglăzan A., Gheorghiu V., Anton I., Ghiulai F., Anton V.: Cercetarea unor distrugători de energie hidraulică, *2* (81).
Pavel D.: Stadiul actual şi problemele de viitor ale amenajărilor hidroenergetice, *2* (90).
Penescu C. I.: Reglarea tensiunii în sistemele energetice, *3* (144).
Purica I.: Utilizarea energiei nucleare în centralele electrice *5* (203).
Panaitescu G.: Tarifarea energiei electrice în R.P.R., *5* (219).
Popescu N.: Refularea zonală a apei, izvor de economisire a energiei mecanice în irigaţii, *6* (268).
Popescu V.: Studiul transmisiei căldurii prin convecţie şi radiaţie în regim tranzitoriu,*7* (336).
Pavel D.: Centrale eoliene cu transformator hidroenergetic *8* (355).
Pantelimon E.: Un muzeu al electrificării, *8* (338).
Pavel D.: Utilizarea transformatoarelor hidraulice, *9* (434).
Penescu C. I.: Consideraţii generale asupra aplicării automaticei şi telemecanicei în sistemele energetice, *10* (481).
Popa T.: Calculul conductelor de abur, *11* (495).
Petrescu A.: Metodologia planificării producţiei de energie electrică, *11*(526).
Popescu V.: Calculul conductelor de condensat, *12* (557)
Rotman A.: Influenţa liniilor de energie asupra liniilor de telecomunicaţii în lumina standardului 832—49, *4* (175).
Rădulescu V.: Incălzirea prin curenţi de circulaţie a conductoarelor liniilor electrice aeriene în scopul impiedicării formării chiciurii pe ele, *12* (563).
Sala I.: Pentru evitarea avariilor provenite în urma suprasolicitării aparatajului de protecţie, *3* (143).
Saphier I. I.: Caracteristica energetică a argregatelor cu producţie omogenă, *4* (153).
Spînu I., Ionescu A.: Trusă portativă pentru verificarea pe teren a releelor tip varmetric de punere la pământ, *5* (236).
Stănescu G.: Calculul puterii de scurtcircuit prin metoda condensatorilor fictivi *7* (310).
Secară Gh.: Folosirea pierderilor de căldură din unele instalaţii de epurare a apei de adaos pentru alimentarea cazanelor de abur, *8* (351).
Săbău I.: Fenomene de coroziune la cazanele de abur şi explicaţia lor, *9* (395).
Sandru V.: Studii tehnico-economice asupra parametrilor optimi ai aburului în centralele electrice cu condensaţie pură la mare putere din Uniunea Sovietică, *10* (442).
Stern I.: Indicator de deplasare axială pentru turbine, *10* (473).
Stanisavlievici L.: Stadiul actual al tratării apei în instalaţiile termoenergetice, *12* (579).
Triteanu O., Constantinescu M.: Statistica matematică în problemele hidrologice, *3* (124).
Vasilescu A.: Consideraţii asupra calculului curentului de scurtcircuit în reţelele de joasă tensiune, *4* (197).
Voinea D.: Dimensionarea instalaţiilor de punere la pământ, *6* (282).
Vaisman L.: Gradarea indicatoarelor nivelului de ulei, *9* (432).
Voinea R., Voinea D.: Contribuţii la calculul mecanic al conductorilor flexibili din instalaţiile electrice de tip exterior, *10* (457).
Voinea D., Voinea R.: Contribuţii la calculul mecanic al conductorilor flexibili din instalaţiile electrice de tip exterior, *10* (457).
Vasilescu M., Luca Gh.: Asupra articoluiui „Galeriile forţate blindate în amenajările hidrotehnice, *12* (573).
Wisner P.: Reducerea pierderilor de energie hidraulică prin încercări pe modele, *1* (20).
Weisman I.: Blocajul mecanic al separatoarelor , *4* (193).
Visner P.: Contribuţie la problema modelării scurgerii în albiile naturale, *5* (226).
Wisner P.: Dimensionarea instalaţiilor de aerare la stăvilare *8* (381).
Weismann M. Brodfeld B.: Galeriile forţate blindate în amenajările hidroelectrice, *8* (375).
Wisner P.: Contribuţie la dimensionarea conductelor de aerare ale golirilor de fund, *9* (415).
Wisner P.: Cercetări pentru mărirea capacităţii de trecere a unei galerii de deviere, *11* (517).

EDITORIALE

Ghoerghiu N.: Sarcini pe 1955 pentru energeticienii din R.P.R., nr. *1* (1).
* * *: Noi perspective în dezvoltarea energeticei noastre, *2* (49).
* * *: 1 Mai, *5* (201).
* * *: 11 ani de la eliberarea patriei noastre, *8* (245).
* * *: La intrarea în funcţiune a laboratorului de cercetări hidrotehnice al Ministerului Transporturilor Navale şi Aeriene, nr. *9* (393).
** *: Luna Prieteniei Romîno-Sovietice, *10* (441).
Gheorghiu N.: Realizări energetice în primul plan cincinal, *12* (546).

RECENZII

* * *: B. G. Zimin: „Construirea uzinelor electrice rurale *1* (46).
* * *: G. M. Knorring , M. K. Harcev: „Reţelele electrice ale atelierelor din fabrici", *1* (46).
* * *: A. F. Seveliov: „Cercetarea legilor hidraulice de bază ale mişcării turbulente în conducte, *1* (47).
* * *: „Indreptar pentru protecţia contra supratensiunilor a instalaţiilor electrice de curent alternativ 3-220 kV, *2* (95).
* * *: V. I. Gumin „Circuitele secundare ale centralelor electrice, *2* (96).
* * *: N. G. Lobacenko, M. A. Guleaev, B. A. Zudin, Suflarea suprafeţelor de încălzire ale agregatelor de cazane, *3* (151).
* * *: S. F. Copiev „Utilajul auxiliar, din sala maşinilor a centralelor electrice, *4* (200).
* * *: „Instrucţiuni de recepţie a echipamentului şi instalaţiilor energetice, *5* (246).
* * *: V. N. Iurenev „Centrale electrice industriale cu turbine cu abur".
* * *: A. I. Ponedilko, „Lucrări de reparaţii sub tensiune la liniile de transport de energie electrică", *5* (247).
* * *: S. G. Blanter „Substaţii automate de tracţiune, *6* (295).
* * *: N. S. Jdanovski, I. M. Kovalev, V. T. Hascinski „Centrale termoelectrice rurale ", *6* (296).
* * *: A. P. Mamet „Coroziunea echipamentului centralelor şi reţelelor termice", *7* (344).
* * *: S. I. Vartazarov „Exploatarea construcţiilor hidrotehnice ale uzinelor hidroelectrice de derivaţie", *8* (391)
* * *: G. M. Goldenberg „Uzine hidroelectrice cu acumulare prin pompare, *8* (391).
* * *: Levai Andras „Centrale termoelectrice, *8* (392).
* * *: A. M. Fedoseev „Protecţia prin relee a sistemelor electrice, *9* (438).
* * *: A. A. Smirnov „Aparate termotehnice de măsură şi control, îndrumător practic pentru reparaţii, *9* (439)
* * *: C. T. Altunin prof. I. A. Buznov ing., : „Construcţii de protecţie pe rîuri, *9* (439).
* * *: A. A. Ughincius prof., I. P. Bomcinskii ing.: Aparatura de măsură şi control pentru construcţiile hidrotehnice, *10* (487).